

# **Proposta de Sistema de Gestão da Manutenção de Edifícios Suportado por Ferramentas BIM – Estudo de Caso**

**ALEXANDRE DANIEL RIBEIRO FONTES**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES**

---

Orientador: Professor Doutor João Pedro Poças Martins

---

Co-Orientador: Engenheiro Gustavo Leal

JANEIRO 2014

**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2013/2014**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2013/2014 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respectivo Autor.

À minha Mãe e ao meu Pai.



## **AGRADECIMENTOS**

Durante a elaboração desta dissertação o autor teve ajuda e apoio de algumas pessoas que merecem ser reconhecidas:

- Ao meu orientador Professor João Poças Martins pela dedicação, ideias e disponibilidade em todo o desenrolar deste trabalho.
- Ao meu Co-Orientador Engenheiro Gustavo Leal pelo interesse, disponibilidade e informações facultadas.
- Aos engenheiros João Lima e Jorge Silva da bimTEC pela ajuda relacionada com o Revit.
- Ao Diogo Dias pelo grande apoio e companheirismo demonstrado no decorrer deste trabalho.
- Um agradecimento especial à Galilei e ao staff do Hotel do Caramulo por me terem facultado toda a informação necessária à elaboração deste trabalho e pela oportunidade concedida.
- À minha família por todo o apoio.
- À Rita pelo amor, incentivo e apoio incondicional.



## RESUMO

A grande evolução das tecnologias da informação ao dispor da indústria da construção e novo olhar sobre o ciclo de vida dos edifícios que as últimas décadas trouxeram, impulsionam, hoje em dia, a procura por um modelo de projeto que permita a articulação e a interoperabilidade entre as várias áreas intervenientes. Numa altura em que o setor enfrenta sérias dificuldades e que a construção de novos edifícios tem vindo a perder o seu espaço no mercado, a manutenção e reabilitação do património já existente ganha cada vez maior importância. Deste modo, a manutenção e gestão de um edifício assume-se, na atualidade, como um desafio, sendo provavelmente uma das áreas que mais teria a ganhar, com a introdução de um modelo de projeto multidisciplinar.

Tendo como foco principal a fase da manutenção de um edifício, propõe-se que o BIM seja a resposta a esta necessidade de um modelo único. A gestão de instalações é possível independentemente do recurso a um sistema como este. No entanto, a aplicação de ferramentas BIM nesta área poderá traduzir-se em ganhos significativos em termos de eficácia e eficiência.

Ao longo desta dissertação são explorados vários conceitos relativos ao BIM e à sua utilização na gestão de instalações, nomeadamente na manutenção de edifícios e na modelação dos dados relativos a essa manutenção.

Seguidamente é apresentada uma proposta de sistema de manutenção, criada especificamente para responder às necessidades de uma instalação hoteleira em particular. Nesse sentido, foi criado de raiz um modelo virtual tridimensional BIM do edifício em estudo, o Hotel do Caramulo, e feita a sua interligação com uma aplicação *web mobile* também criada pelo autor. Esta aplicação armazena informação relativa a todos os equipamentos do hotel e permite a sua consulta de forma bastante simples. Este sistema foi especialmente concebido para solucionar os problemas apresentados pelo departamento de manutenção da unidade hoteleira em questão.

No final da dissertação apresentam-se as principais conclusões acerca da aplicabilidade do sistema apresentado e reflete-se sobre futuros desenvolvimentos.





## **ABSTRACT**

The remarkable evolution of information technologies for the AEC Industry and the new perspective regarding the building's life cycle established in the last decades, accelerated the search for better processes for the development of construction designs in terms of interoperability, error minimization, communication between different players, etc.

The construction of new buildings and infrastructures has been losing space in the market following the general economic crisis, however maintenance and rehabilitation has been gaining greater importance. Thus maintenance and building management assume nowadays an important challenge. They are, probably one of the areas that may have the most to gain with the introduction of better multidisciplinary project practices.

Focusing on the maintenance phase, it is proposed that BIM may become an answer to this need of a single model throughout the building life cycle. Managing a building is possible without a system like this however the use of BIM tools in this area can translate into significant gains of effectiveness and efficiency.

Throughout this dissertation many concepts will be explored regarding BIM and its use in building management, namely building maintenance and data modelling.

Subsequently this dissertation presents an original maintenance system, developed specifically to respond to the needs of a hotel installation. For that, will be exposed the virtual 3D model that was created for a specific case study - the Hotel of Caramulo - and establish the connection with the web mobile application. The web mobile application saves information related to all equipment and allows its consultation from any device with access to the internet. The maintenance system was designed with the purpose of providing solutions to the problems presented by the maintenance department of the hotel.

Finally, will be presented the main conclusions about the applicability of the system, as well as the future developments that could be regarded.



## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>I</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. MOTIVAÇÃO .....	1
1.2. ÂMBITOS E OBJETIVOS .....	2
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	2
<b>2 BIM NA GESTÃO DE PROJETOS .....</b>	<b>3</b>
2.1. INTRODUÇÃO AO <i>BUILDING INFORMATION MODELING</i> (BIM).....	3
2.2. BIM COMO SUPORTE DE OPERAÇÕES .....	4
2.2.1. AVALIAÇÃO DE PROJETO .....	4
2.2.2. COMPLEXIDADE DE INSTALAÇÕES .....	6
2.2.3. TEMPO DE PRODUÇÃO .....	7
2.2.4. GESTÃO DE CUSTOS .....	7
2.2.5. SUSTENTABILIDADE.....	9
2.2.6. GESTÃO DE ATIVOS .....	9
2.3. BIM NO CICLO DE VIDA DE UM PROJETO .....	9
2.4. <i>LASER SCANNING</i> E FOTOMETRIA .....	10
2.5. CONCLUSÃO.....	12
<b>3 GESTÃO DE INSTALAÇÕES.....</b>	<b>13</b>
3.1. INTRODUÇÃO .....	13
3.2. PAPEL DO GESTOR DE INSTALAÇÕES .....	14
3.2.1. SEGURANÇA OCUPACIONAL E SAÚDE .....	15
3.2.2. SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS.....	16
3.2.3. SEGURANÇA .....	16
3.2.4. MANUTENÇÃO.....	16
3.2.5. LIMPEZA .....	18
3.2.6. OPERAÇÕES .....	18
3.2.7. <i>PROCUREMENT</i> .....	19
3.2.8. PLANO DE CONTINUIDADE DO NEGÓCIO .....	19
3.2.9. MUDANÇA E ALOCAÇÃO DE ESPAÇO .....	20
3.3. CONTEXTUALIZAÇÃO NO MERCADO .....	20
3.4. GESTÃO DE INSTALAÇÕES E O BIM .....	20

<b>3.5. AUXILIO COMPUTACIONAL NA GESTÃO DE INSTALAÇÕES.....</b>	<b>22</b>
<b>3.6. APLICAÇÕES COMERCIAIS DE GESTÃO DE INSTALAÇÕES.....</b>	<b>23</b>
3.6.1. SOFTWARE DE AUXILIO A OPERAÇÕES .....	24
3.6.2. SOFTWARE DE AUXILIO À MANUTENÇÃO.....	25
3.6.3. ALOCAÇÃO DE ESPAÇO .....	26
<b>3.7. APLICAÇÃO NO CASO DE ESTUDO .....</b>	<b>27</b>
<b>4 MODELAÇÃO DE DADOS .....</b>	<b>29</b>
4.1. INTRODUÇÃO .....	29
4.2. WEB APPLICATION FRAMEWORK (WAF).....	29
4.3. RUBY ON RAILS.....	30
<b>5 CASO DE ESTUDO.....</b>	<b>35</b>
5.1. INTRODUÇÃO .....	35
5.2. DESCRIÇÃO DO HOTEL.....	35
5.3. MODELAÇÃO BIM .....	37
5.3.1. REVIT.....	37
5.3.2. PROCESSO DE MODELAÇÃO .....	37
5.4. LEVEL OF DETAIL (LOD).....	45
5.5. MODELO FINAL DO HOTEL.....	47
5.6. PLANO DE MANUTENÇÃO .....	49
5.6.1. INTRODUÇÃO .....	49
5.6.2. PATOLOGIAS DO HOTEL.....	49
5.7. OBJETIVOS DA APLICAÇÃO WEB MOBILE.....	53
5.7.1. APLICAÇÃO WEB MOBILE .....	54
5.7.2. CÓDIGOS QR.....	59
5.7.3. TESTE PILOTO .....	62
5.7.4. CONCLUSÃO .....	66
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>69</b>
6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	69
6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....	70
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>71</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Metodologia habitual num projeto de construção (Noain 2013) .....	4
Figura 2.2 – Metodologia BIM num projeto de construção (Noain 2013) .....	5
Figura 2.3 – Imagem de <i>software</i> BIM através ferramenta de análise térmica (ArchiWizzard) .....	6
Figura 2.4 – Comparação entre uma estimativa de projeto BIM e estimativa sem BIM (Chuck Eastman 2008) .....	8
Figura 2.5 – Ciclo de Vida de um edifício (IBS 2011) .....	10
Figura 2.6 – Caixas e nuvem de pontos (Samir El-Omari 2008) .....	11
Figura 2.7 – Nuvem de pontos sobre caixas (Samir El-Omari 2008) .....	11
Figura 3.1 – Estrutura da gestão de instalações (David Cotts 2010) .....	14
Figura 3.2 – Típico projeto BIM e FM (Peter Love 2013) .....	21
Figura 3.3 – Projeto BIM e FM ideal (Peter Love 2013) .....	21
Figura 3.4 – Método demonstrativo de valor do BIM para o ativo de um dono de obra (Peter Love 2013) .....	22
Figura 3.5 – Imagem alusiva ao sistema da <i>MediTouch EHR</i> (MediTouch) .....	24
Figura 3.6 – Exemplo de preenchimento de um equipamento na aplicação <i>Maintenance Edge</i> ( <i>FacilityDude</i> 2013) .....	25
Figura 3.7 – Alocação de espaços através de uma aplicação com funcionamento web ( <i>MicroMainCorporation</i> ) .....	26
Figura 4.1 – Vista das pastas do projeto à esquerda e vista do <i>model</i> e as suas dependências .....	30
Figura 4.2 – Vista dos controladores e as suas ações .....	31
Figura 4.3 – Vista do formulário de um item em HTML .....	32
Figura 4.4 – Vista a partir de um browser do formulário de um item .....	32
Figura 5.1 – Fachada principal do hotel do Caramulo .....	36
Figura 5.2 – Fachada do edifício do spa e do hotel do Caramulo .....	36
Figura 5.3 – Vista aérea do hotel do Caramulo .....	37
Figura 5.4 – Link CAD com o Revit .....	38
Figura 5.5 – Imagem CAD inserida no Revit .....	38
Figura 5.6 – Criação de colunas infinitas de modo a alinhar as caixas de elevador .....	39
Figura 5.7 – Construção 2D de uma parede .....	40
Figura 5.8 – Vista 3D das quatro paredes construídas e das duas colunas auxiliares .....	40
Figura 5.9 – Escolha de elementos .....	41
Figura 5.10 – Construção do pavimento .....	41
Figura 5.11 – Vista 3D da criação do elemento “ <i>floor</i> ” .....	42
Figura 5.12 – Caixa de controlo de medidas do Revit e <i>offset</i> do pavimento .....	42
Figura 5.13 – Construção do Telhado com quatro águas .....	43
Figura 5.14 – Telhado com quatro águas em 3D .....	43
Figura 5.15 – Inserir uma janela na vista 3D .....	44
Figura 5.16 – Janela e porta inseridas no modelo em estudo .....	44
Figura 5.17 – O conceito fundamental do LOD, (a) é possível ver a complexidade de cada objeto e o seu efeito, (b) criação de diferentes níveis de detalhe pela distância do objeto ou importância do mesmo (David Luebke 2003). .....	45
Figura 5.18 – Modelo virtual BIM para ver a exposição solar a que o novo edifício estará sujeito ( <i>Francois Levy</i> 2011) .....	46
Figura 5.19 – Nível de detalhe em duas plantas da mesma área ( <i>Karl-Heinrich Anders</i> 2007) .....	46
Figura 5.20 – Fachada principal do hotel, Edifício 1 .....	47
Figura 5.21 – Edifício do hotel e spa .....	48
Figura 5.22 – Fachada principal do hotel e spa .....	48
Figura 5.23 – Infiltração da piscina activa do spa para o ginásio .....	49
Figura 5.24 – Infiltração num corredor de acesso do hotel .....	50
Figura 5.25 – Infiltração no teto da piscina interior .....	50
Figura 5.26 – Infiltração no teto da piscina interior .....	51
Figura 5.27 – Pavimento circundante à piscina .....	51
Figura 5.28 – Fissuras em várias paredes do hotel .....	52
Figura 5.29 – Fissuras em várias paredes do hotel .....	52
Figura 5.30- Casa das caldeiras do hotel .....	53
Figura 5.31 – Esquema funcional da base de dados .....	55

Figura 5.32 – Opções referentes ao projeto Caramulo .....	56
Figura 5.33 – Vista de edição da caracterização do projeto Caramulo .....	56
Figura 5.34 – Vista do PDF do projeto Caramulo .....	57
Figura 5.35 – QR code com ligação à vista de edição de uma UTA do hotel.....	59
Figura 5.36 – <i>Google URL Shortener</i> .....	59
Figura 5.37 – Gestor de códigos QR do Google .....	60
Figura 5.38 – Computador portátil a aceder à aplicação <i>online</i> .....	60
Figura 5.39 – Tablet a aceder à aplicação <i>online</i> .....	61
Figura 5.40 – Telemóvel a aceder à aplicação <i>online</i> .....	61
Figura 5.41 – Formas de aceder à base de dados .....	62
Figura 5.42 – Caldeira colocada no modelo BIM através do Revit .....	63
Figura 5.43 – Opções de edição de um objecto.....	63
Figura 5.44 – <i>Link</i> do PDF da caldeira .....	64
Figura 5.45 – PDF da caldeira.....	64
Figura 5.46 – Inserção do código QR no filtro de areia da piscina .....	65
Figura 5.47 – Leitura de um código QR através de um dispositivo móvel .....	65
Figura 5.48 – Leitura de um código QR noutra equipamento e com outro dispositivo móvel .....	66

## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 2.1 – Uso do BIM durante as várias fases de construção(Robert Eadie 2013) .....	10
Tabela 3.1 – Vantagens e desvantagens dos <i>softwares</i> revistos.....	27
Tabela 5.1 – Tabela ilustrativa do funcionamento da base de dados.....	54





## **SÍMBOLOS E ABREVIATURAS**

2D – Duas Dimensões

3D – Três Dimensões

4D – Três dimensões mais tempo

5D – Três dimensões mais tempo e Custo

AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

BIM - Building Information Modeling

BSI – British Standards

CEN - Comité Europeu de normalização

EN - Normalização Europeia

FM - Facility Management

HTML - HyperText Markup Language

IFMA - International Facility Management Association

INE - Instituto Nacional de Estatística

ILO - International Labour Organization

JDBC - Java Database Connectivity

LOD- Level of Detail; Level of Development;

MEP - Mechanical, Electrical e Plumbing

MSPProject – Microsoft Project

MVC - Model-View-Controller

ODBC - Open Database Connectivity

PDF - Portable Document Format

RPM – Rotações Por Minuto

SQL - Structured Query Language

URL - Uniform Resource Locator

UTA - Unidade de Tratamento de Ar

WAF - Web Application Framework

WHO - World Health Organization



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1. MOTIVAÇÃO

A indústria da construção é seguramente um dos sectores mais afetados pela crise atual, sendo esta considerada uma crise profunda, ultrapassando os limites económicos e financeiros.

Os anos dourados da construção em Portugal, deixaram não só uma herança patrimonial ampla, como todo o volume produtivo, quer a nível dos recursos humanos quer em termos de estaleiros, equipamentos e indústrias, entre outros.

É imprescindível aproveitar toda esta capacidade adquirida, organizar o setor, estimular a sua agregação, e alcançar dimensão para obter visibilidade no mercado internacional.

Numa era de inovação e expansão tecnológica ao alcance de todos, compete aos empresários adaptarem-se e utilizar as novas tecnologias em prol do sucesso das suas empresas pois, não o fazendo, correrão o risco de ficarem na retaguarda, sendo difícil transpor a meta do sucesso empresarial.

Na indústria AEC, a aposta passa pela modernização dos métodos e processos a utilizar, tornando o setor mais eficiente, reduzindo falhas de comunicação, erros de projeto e construção.

Surge assim a necessidade de ferramentas que facultem por um lado, a informação relativa ao estado dos equipamentos por outro o controlo do desempenho da atividade construtiva.

A industrialização é necessária de modo a tornar a construção um setor metódico, com vista a responder a este problema e a utilização do BIM tem sido indicada como uma possível solução.

De salientar, o conceito de uma base de conhecimento partilhada que levará à tomada de decisões ao longo do ciclo de vida do empreendimento, permitindo a redução de custos, a eliminação de desperdícios e a partilha de comunicação entre os intervenientes.

Por outro lado, a importância atribuída à manutenção de edifícios tem evoluído nos últimos anos, dando um incremento à utilização deste tipo de modelo de gestão e conhecimento.

Enquanto o uso do BIM permite guardar toda a informação de determinado edifício (projeto, planeamento e execução), a manutenção de edifícios tem como objetivo conservar um imóvel com a qualidade necessária para os anos para que foi projetado. Ao aglutinar estes dois conceitos é possível criar um modelo de um edifício com informação relativa à sua manutenção.

A existência de ferramentas que facultem informação relativa ao estado dos equipamentos de determinada indústria, permitem controlar o desempenho da atividade, algo raramente verificado na indústria AEC.

De modo a responder a este problema é proposto neste trabalho um sistema de gestão da manutenção com o auxílio e integração de ferramentas BIM.

## 1.2. ÂMBITOS E OBJETIVOS

O conhecimento sobre manutenção, adquirido no Mestrado Integrado em Engenharia Civil, o enorme interesse em BIM e alguns conhecimentos em informática, permitiram a elaboração de um sistema de manutenção, desenvolvido pelo autor.

A evolução do setor construtivo obriga os seus intervenientes a utilizarem cada vez mais processos e metodologias tecnologicamente mais avançadas, permitindo tirar o máximo proveito desta indústria. Nesta perspetiva o BIM pretende responder ao problema da falta de industrialização neste setor.

A gestão patrimonial está intimamente ligada à manutenção de edifícios, tendo sido registado um crescimento neste setor nos últimos anos (Martin Kelly 2009).

Inerente à manutenção está um grande volume de informação referente a vários equipamentos, diversos componentes e materiais de difícil organização. A gestão de toda a informação deverá ser efetuada através de processos computacionais, de modo a que seja permitida uma rápida pesquisa sobre qualquer elemento.

Deste modo, o principal objetivo deste trabalho é criar um sistema de manutenção *online*, que auxilie o técnico de manutenção na realização da sua atividade e que permita ao gestor da instalação ter controlo sobre o estado do seu edifício.

Nesse sentido, foi criado um modelo virtual tridimensional BIM para o edifício em estudo, o Hotel do Caramulo, e feita a sua interligação com uma aplicação *web mobile*, especialmente concebida para solucionar os problemas apresentados pelo departamento de manutenção da unidade hoteleira em questão.

## 1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada em seis capítulos.

No capítulo 1 abordam-se as motivações, âmbitos e os objectivos que foram considerados para a elaboração deste trabalho.

No capítulo 2 representa-se o estado da arte relativo ao *Building Information Modelling* (BIM) e os principais conceitos e relações com a indústria construtiva.

O capítulo 3 aborda o estado da arte da Gestão de Instalações (*Facility Management*) a sua contextualização no mercado actual e a integração de *softwares* especializados nesta atividade.

É abordado no capítulo 4 a modelação de dados através da criação de uma base de dados.

No capítulo 5 é apresentado um caso de estudo em que foram aplicados os conceitos expostos nos capítulos anteriores. É também abordada a modelação 3D BIM, a criação de uma aplicação *web mobile* como auxílio à Manutenção de Edifícios e a aplicação prática deste sistema.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões sobre o sistema de manutenção, as suas vantagens, limitações e futuros desenvolvimentos.

# 2

## BIM NA GESTÃO DE PROJETOS

### 2.1. INTRODUÇÃO AO *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM)

O acrónimo BIM tende a gerar muita confusão na indústria AEC. BIM é um processo e não um *software*.

Segundo o American National Institute of Building Sciences, BIM é:

*“A BIM is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. As such it serves as a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its lifecycle from inception onward”* (NBIMS 2008).

Traduzindo:

“ BIM é a representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. Servindo como um recurso de informação relativo a todo o edifício, proporciona uma base confiável para todas as decisões necessárias no seu ciclo de vida.”

Assim sendo, é possível descrever o BIM como um processo que tem por base a criação de um modelo virtual de determinado edifício, anexando-lhe qualquer tipo de informação desejável e relevante, não só para a sua construção, como para o seu ciclo de vida. Informação que será partilhada entre todos os intervenientes deste projeto. Deste modo o projeto será feito em colaboração ao invés de ser fragmentado pelas diferentes áreas, possibilitando uma mais fácil detecção de erros (Chuck Eastman 2008).

Ao longo deste capítulo é abordado o tema BIM e diversas das suas características, componentes, ferramentas e metodologias. No primeiro subcapítulo é abordado o BIM como suporte de operações e a sua multidisciplinaridade, no segundo é referenciado o BIM no ciclo de vida de um projeto, e o terceiro fala de uma metodologia em evolução, o *laser scanning*. Este capítulo pretende demonstrar a utilidade e eficiência da implementação da tecnologia BIM.

Tradicionalmente, a indústria AEC utiliza desenhos em 2D CAD elaborados em *softwares* de desenho vectorial, não havendo uma diferenciação entre elementos de um projeto. O modelo BIM por outro lado é tridimensional parametrizável, ou seja, cada elemento do modelo tem características específicas. Por exemplo, ao criar uma parede num *software* BIM, este atribuirá determinadas características aquele objecto de modo a diferenciá-lo dos restantes, enquanto num programa CAD a parede será criada apenas por duas linhas (Chuck Eastman 2008).

## 2.2. BIM COMO SUPORTE DE OPERAÇÕES

A evolução da indústria AEC, que cada vez se torna mais competitiva com inúmeros *softwares*, novas metodologias e com um pensamento muito focado na gestão de recursos, obriga os donos de obra a procurarem alternativas para se afirmarem no mercado. Com o crescimento do conceito BIM, surgiu uma panóplia de aplicações comerciais capazes de motivar os donos de obra a implementar diversas tecnologias nos seus projetos. As seguintes áreas têm despertado o seu interesse:

- Avaliação Contínua de Projeto;
- Complexidade de Instalações;
- Tempo de Produção;
- Gestão de Custos;
- Sustentabilidade;
- Gestão de Ativos

(Peter Love 2013).

### 2.2.1. AVALIAÇÃO DE PROJETO

Hoje em dia o processo de avaliação de projeto é manual, feito com recurso a desenhos, imagens e animações. Esta avaliação serve para notificar o dono de obra de qual será o produto final. No entanto, raras são as vezes em que o projeto não é alterado, ou que todos os requisitos são cumpridos. Todo este processo é uma perda de tempo, dinheiro e recursos. De forma a responder a esta metodologia ineficiente, o BIM pretende alterar o modo de pensamento de elaboração do projeto, modificando as relações entre os diversos intervenientes (David Bryde 2012).

Geralmente, um projeto segue o percurso da figura 2.1, em que existe uma separação entre especialidades. Esta separação potencia a proliferação de erros no projeto e dificulta a comunicação entre intervenientes.

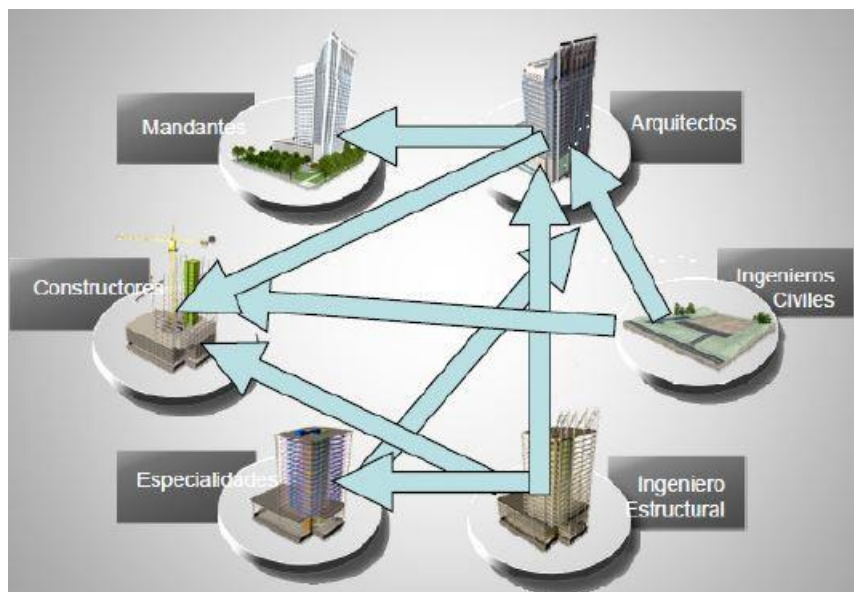


Figura 2.1 – Metodologia habitual num projeto de construção (Noain 2013)

O BIM pretende que o projeto seja comum a todas as especialidades e não diversos sub-projetos separados. Como é possível ver na figura 2.2 o modelo BIM é um modelo central, em que todos os intervenientes têm um mesmo objectivo comum, no caso desta imagem, o edifício (Chuck Eastman 2008).

A interação entre intervenientes é facilitada pelos diversos softwares existentes hoje em dia como, por exemplo, o BIM que permite uma simples e rápida comparação de cenários. Através de uma alteração no modelo virtual, efectuada por um colaborador do projecto, os outros intervenientes conseguirão observar, no momento, o que foi alterado e dar o seu feedback de imediato (Francois Levy 2011).

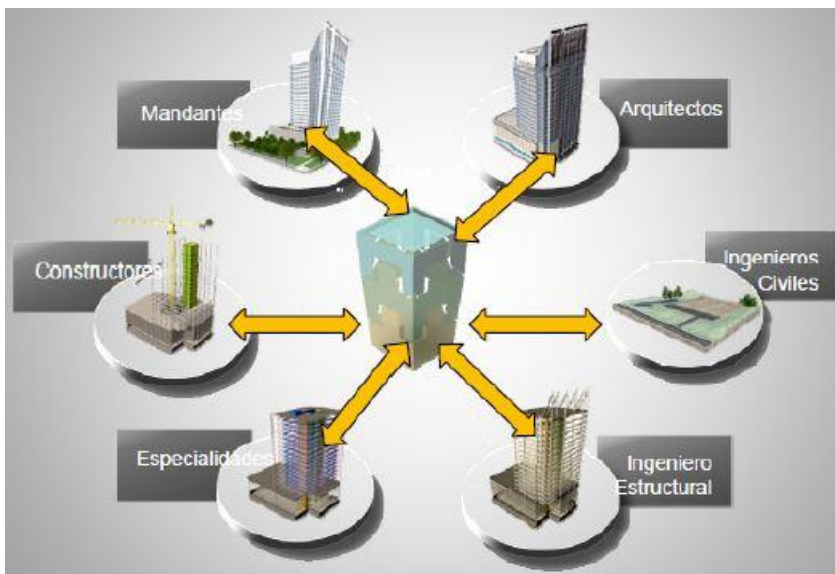


Figura 2.2 – Metodologia BIM num projeto de construção (Noain 2013)

Através do modelo BIM, é possível alterar o projeto para avaliar diferentes cenários de modo a escolher o que melhor se adequa às necessidades do dono de obra. Os requisitos normalmente avaliados são os custos e opinião do próprio dono de obra, por vezes feito em tempo real, sem ser necessário esperar que as diferentes áreas procedam a todas as alterações (Chuck Eastman 2008). Estes *softwares* BIM, são amplamente utilizados durante fases de desenho conceptual e esquemático, tornando possível alertar os projetistas de que determinados requisitos não estão a ser cumpridos. Este *feedback* é dado pelo *software* através de diferentes colorações do edifício em questão. Desta maneira, é deveras mais fácil a detecção de qualquer erro, permitindo uma rápida alteração numa fase precoce do projecto, poupando tempo e dinheiro (Peter Love 2011).

O BIM permite a construção de um modelo dinâmico, susceptível de ser alterado a qualquer altura ou por qualquer propósito que os intervenientes considerem adequado. Este dinamismo, permite também a análise do modelo nos mais variados ramos da indústria AEC, desde controlo de multidão, simulação de incêndio ou comportamento térmico do edifício (figura 2.3) (Rob Howard 2008; Chuck Eastman 2008).

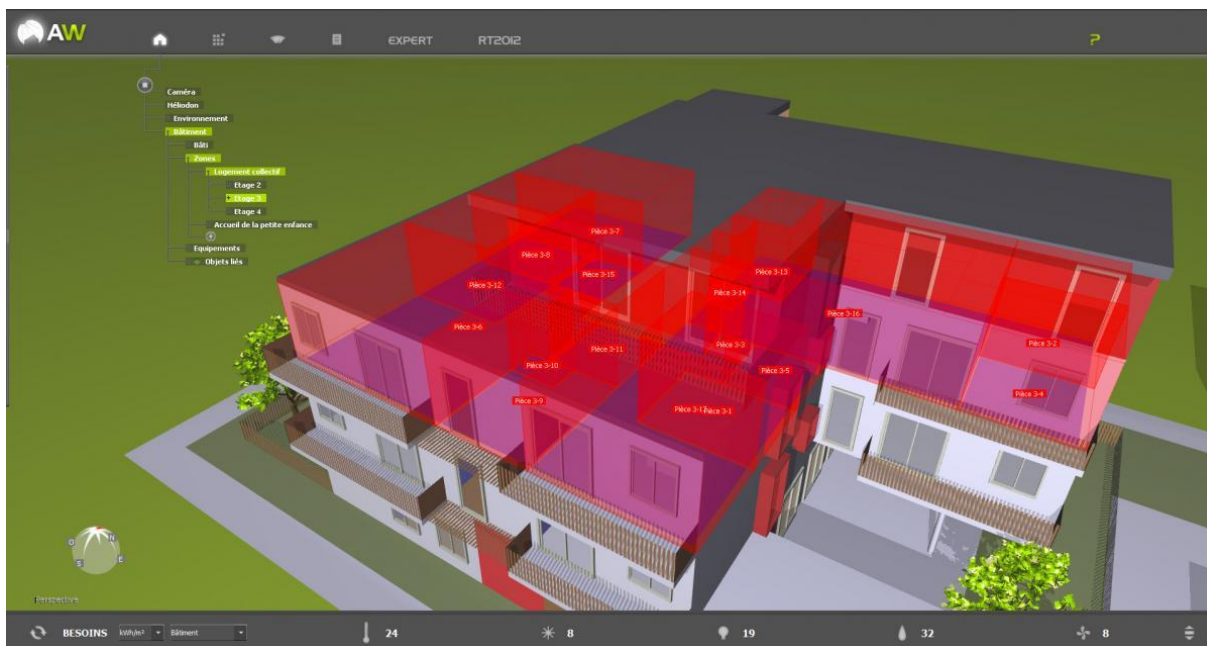


Figura 2.3 – Imagem de *software* BIM através ferramenta de análise térmica (ArchiWizzard)

### 2.2.2. COMPLEXIDADE DE INSTALAÇÕES

Um edifício é um objeto bastante complexo, sendo necessária a intervenção de diversas áreas para a sua elaboração. Esta complexidade tem evoluído à medida que a indústria se vai modernizando, acarretando uma maior especialização e um maior controlo em cada uma das áreas colaborativas do projeto (Chuck Eastman 2008). A complexidade é comum a todas as especialidades, no entanto a mais evidente é a estrutural, em que os projectistas se debatem com muitas dificuldades e desafios para conseguir os resultados desejados. Contudo na áreas, organizacional, financeira ou legal existem diversos problemas, devido essencialmente a uma fraca coordenação entre todos os intervenientes (David Bryde 2012). Os sistemas que englobam a Mecânica, Eletrotécnica e Canalização (MEP) de um edifício, são cada vez mais avançados, dispondo de sensores de deteção de avarias. Toda a utilização deste tipo de equipamentos, muito especializados, aumenta a complexidade das instalações (Chuck Eastman 2008).

O BIM permite um controlo virtual, abrangente a todas as áreas intervenientes, de modo a facilitar a sua coordenação. Este controlo tem como resultado uma redução da propagação de erros no projeto, coordenação da manutenção ou operação realizada no edifício (Peter Love 2011). O BIM fornece ferramentas à indústria AEC para a elaboração de projetos mais modernos. Exemplo disso são os edifícios altamente especializados, como é o caso de companhias de biotecnologia, em que existem infra-estruturas que necessitam ser funcionais vinte e quatro horas por dia, durante todo o ano (Robert Eadie 2013). Outro caso em que a utilização de BIM pode fazer a diferença, é em instalações em funcionamento, nas quais é necessário saber que impacto terá determinada alteração no edifício e nas actividades que lá se desenrolam. Este método é chamado uma revisão interativa, porque permite, através de um *software* de modelação, simular as consequências de determinada intervenção (Chuck Eastman 2008).



### 2.2.3. TEMPO DE PRODUÇÃO

Qualquer indústria controla a sua produção de maneira rigorosa, de modo a tirar o máximo proveito do produto que oferece. Este controlo traduz-se em fazer determinado produto no menor tempo possível, com a qualidade pretendida e o custo o mais baixo possível. No que toca a área da construção, raras são as vezes em que isto acontece, tornando o projeto ineficiente (Audrey Schultz 2013). O BIM fornece algumas ferramentas que permitem automatizar a fase de projeto, operações ou até mesmo a produção fora de estaleiro. Esta abordagem permite responder a outros problemas relacionados com a eficácia e eficiência a de produção.

Na indústria da construção tornou-se normal o atraso ou o prolongamento de um projecto, não inspirando confiança a investidores ou entidades bancárias. Deste modo, a utilização de seguros para cobrir o risco tornou-se necessária (Chuck Eastman 2008). Com o intuito de reduzir esta incerteza, o BIM responde de modo a acompanhar e coordenar de forma mais eficiente a obra. Tais medidas tendem a incidir na prefabricação, que por sua vez aumentará a produtividade em fase de projeto, e reduzirá o trabalho de campo e o tempo de construção. Sobretudo na prefabricação, através da parametrização, é possível alterar elementos construtivos com maior facilidade. Esta facilidade de alteração é traduzida numa diminuição de tempo dedicado aquele objeto (Audrey Schultz 2013).

Todas estas reduções de tempo, traduzem-se num aumento de eficácia e numa redução do tempo total de construção, podendo chamar-se a este processo a industrialização da construção (Chuck Eastman 2008).

Inerente a estes atrasos, está uma componente de insegurança por parte de investidores como foi mencionado acima. É possível afirmar que o risco de atraso está intimamente ligado a atividades de alto risco, dependências, organizações múltiplas ou à complexidade de tarefas. Um destes exemplos é representado pelas obras de renovação, onde é necessária que a construção seja coordenada com as atividades que se vão desenvolvendo nas instalações. Deste modo um modelo 4D (anexando prazos), é um caso de boa prática, conseguindo diminuir o impacto das obras no dia-a-dia dos serviços ou sectores das instalações (Peter Love 2013). Nem mesmo um planeamento exemplar está livre de ter imprevistos, embora um bom planeamento esteja apto a responder prontamente a qualquer evento inesperado. Em obra ocorrem eventos que nem os melhores sistemas digitais são capazes de detectar ou prever. No entanto, equipas que usem sistemas digitais para coordenar a obra, estão em melhor posição para dar a volta à situação e voltar de novo ao plano inicialmente previsto ou diminuir o atraso gerado por tal evento (Robert Eadie 2013).

### 2.2.4. GESTÃO DE CUSTOS

Na indústria AEC, é recorrente o orçamento planeado ser insuficiente para finalizar a obra. Posto isto, os donos de obra são obrigados a aumentar o orçamento disponível, a cortar custos em determinados cenários ou a desistir do projeto. Segundo o Construction Clients Forum 1997, dois terços dos donos de obra reportaram um aumento em relação ao orçamento inicial e final (Construction\_Clients\_Forum 1997). De modo a mitigar o risco de derrapagem nos orçamentos e estatísticas falíveis, donos de obra e prestadores de serviços adicionam contingências ao orçamento, ou criam uma espécie de orçamento de emergência, tudo isto para lidar com a incerteza da indústria da construção (Ali Touran 2003).

Quanto menos credíveis forem as estimativas, mais exposto está o dono de obra e mais provável será o aumento de custo do projeto (Audrey Schultz 2013). Fatores como condições de mercado, mudanças no projeto ou problemas de qualidade, estão intimamente ligados ao aumento de custos da obra. O

BIM fornece um modelo fiável, como uma fonte segura de informação para o projecto, permitindo obter estimativas sólidas em relação a quantidades de materiais necessários e uma rápida resposta em relação ao custo de alterações de projeto (Chuck Eastman 2008). É no início de um projeto que existe mais incerteza relativamente ao seu custo, no entanto, se nesta fase for possível ter uma estimativa fiável deste valor, a probabilidade de haver derrapagem no orçamento diminui. Na figura 2.4, podemos observar o limite superior e inferior do orçamento de uma obra, relativamente à contingência e fiabilidade de uma estimativa nas diferentes fases do projeto e a comparação com a estimativa BIM (Chuck Eastman, 2011).

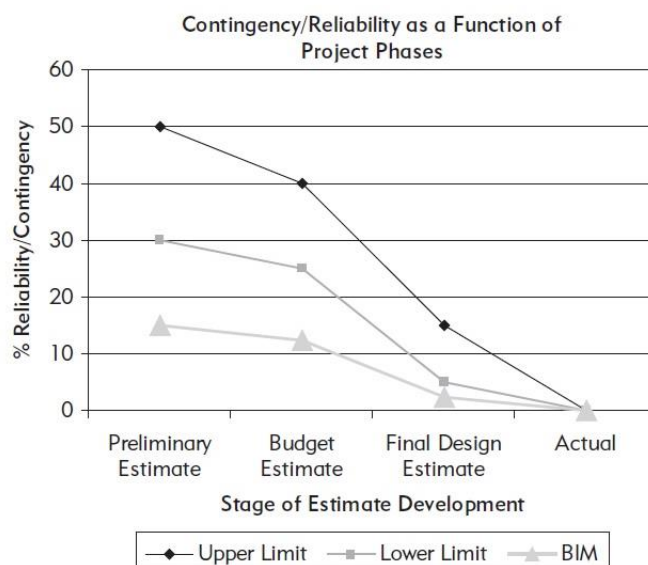


Figura 2.4 – Comparação entre uma estimativa de projeto BIM e estimativa sem BIM (Chuck Eastman 2008)

É perceptível que a utilização do BIM em fases iniciais do projeto é benéfica. Deste modo, donos de obra podem gerir o custo através de aplicações BIM, aplicações estas que providenciam:

- a) Estimativas mais confiáveis em fases iniciais do processo através da utilização de BIM na fase conceptual

Estimativas fiáveis podem ser valiosas, particularmente numa fase inicial de projeto, deste modo é possível prever a movimentação e a quantidade de dinheiro necessária para todo o projeto (Chuck Eastman 2008); Estas estimativas precoces são feitas através de um historial de informação de projetos semelhantes, que providenciam um rápido feedback ao dono de obra relativamente ao custo expectável do projeto (Chuck Eastman 2008);

- b) Estimativas mais rápidas, precisas e detalhadas através de ferramentas BIM de quantificação de materiais

Os orçamentistas debatem-se com o problema da alteração de projeto, ou seja, sempre que este é alterado torna-se necessário estimar de novo o valor da obra; Todavia, este tempo entre a alteração de projeto e a alteração dos valores é longa, tornando-se prejudicial para o calendário da obra.

Ao ser possível a ligação entre o desenho do projeto e os processos de estimação, o tempo de obtenção de uma estimativa além de diminuir, será mais viável que uma feita sem auxílio de um modelo BIM (Audrey Schultz 2013). Apesar do BIM ser uma ferramenta promissora no que toca a estimativas de projeto, é apenas o primeiro passo no processo de estimação. Sendo este um processo com inúmeras

variáveis, é imprescindível a colaboração de um orçamentista experiente, de modo a colmatar os possíveis erros inerentes à complexidade do projeto (Chuck Eastman 2008).

#### **2.2.5. SUSTENTABILIDADE**

Hoje em dia, a eficiência energética de um edifício, é uma das prioridades num projeto de construção, sendo necessário desenvolver e utilizar competências para criar modelos cada vez mais sustentáveis. A construção do chamado “Edifício Verde” é uma boa prática, podendo trazer grandes benefícios ao mercado (Eddy Krygiel 2008).

Existem diversas ferramentas que permitem uma simulação energética, correta e fidedigna, sem ser necessário utilizar modelos BIM. No entanto, a abordagem BIM é mais vantajosa relativamente à tradicional representação 2D, pois permite uma maior informação sobre os componentes do edifício e uma interface entre objetos do modelo, tornando possível simulações energéticas, mais fiáveis e organizadas (Eddy Krygiel 2008).

Outra mais-valia de um modelo BIM, é a possibilidade de criar vários cenários, como modo de avaliar a melhor solução para determinado problema, de maneira relativamente expedita. Como exemplo, temos o caso da avaliação de entrada de luz solar, sendo este um verdadeiro desafio principalmente nos países nórdicos. Neste caso, seria necessário, criar diversos cenários através de simulações em BIM e escolher o que conviesse melhor ao modelo. Ao analisar o modelo BIM, ao longo de todo o seu ciclo de vida, é possível determinar qual a melhor opção em termos construtivos e sistemas MEP, de modo a tornar o edifício sustentável (Chuck Eastman 2008).

#### **2.2.6. GESTÃO DE ATIVOS**

A gestão de ativos está intimamente ligada à informação do modelo/edifício, sendo útil, principalmente para donos de obra interessados em gerir o seu edifício, tendo em atenção o seu ciclo de vida. Através de um modelo BIM, é possível inserir a informação necessária para uma gestão de instalações. A utilização de tal ferramenta permite, a quem tem a função de gerir determinado edifício, o acesso de toda a informação de todos os componentes que fazem parte do modelo. Por exemplo: quem é o seu fabricante ou o tempo de vida de determinado componente, contribuindo assim, para que seja possível fazer estimativas, tanto de custo como de tempo no que toca à manutenção das instalações (Martin Kelly 2009; Robert Eadie 2013).

### **2.3. BIM NO CICLO DE VIDA DE UM PROJETO**

Um projeto BIM engloba a criação, planeamento, construção e manutenção de duas construções de um mesmo modelo: Uma construção virtual e uma real. Deste modo é espectável, que prazos e custos estejam bem delimitados, conseguindo oferecer ao dono de obra uma estimativa quase exacta do custo do projeto (Chuck Eastman 2008).

Após a fase de construção, é habitual não haver mais nenhuma preocupação com os edifícios, apenas fazendo uma reparação ou outra, quando estritamente necessário. Na tabela 2.1 é possível observar a percentagem da utilização de BIM nas diversas fases de construção de um projeto no Reino Unido. Este estudo englobou 140 indivíduos ligados à indústria AEC, no ano de 2012. No entanto, a vida de um imóvel não acaba na sua construção, como demonstra a figura 2.5. Nesta importante fase do projeto é espectável que este seja monitorizado, de modo a garantir que as suas funções e performance não sejam afetadas pelo passar dos anos, donde resulta a consequente degradação e perda de valor (Audrey Schultz 2013).

Tabela 2.1 – Uso do BIM durante as várias fases de construção (Robert Eadie 2013)

Table 4

BIM use during the construction stages.

Use during the construction project stages	Often No.	Often %	Occasionally No.	Occasionally %	Never No.	Never %
Feasibility	21	26.92%	41	52.56%	16	20.51%
Design	45	54.88%	35	42.68%	2	2.44%
Preconstruction (Detail design & Tender)	41	51.90%	31	39.24%	7	8.86%
Construction	26	34.67%	39	52.00%	10	13.33%
Operation & management	6	8.82%	31	45.59%	31	45.59%

Tendo o projeto BIM todas as informações necessárias sobre o imóvel, é possível fazer uma gestão bastante rigorosa e posterior manutenção. Esta é uma das grandes vantagens do BIM, pois permite um maior controlo de todos os elementos do edifício, facilitando qualquer intervenção que seja necessária (Chuck Eastman, 2011).

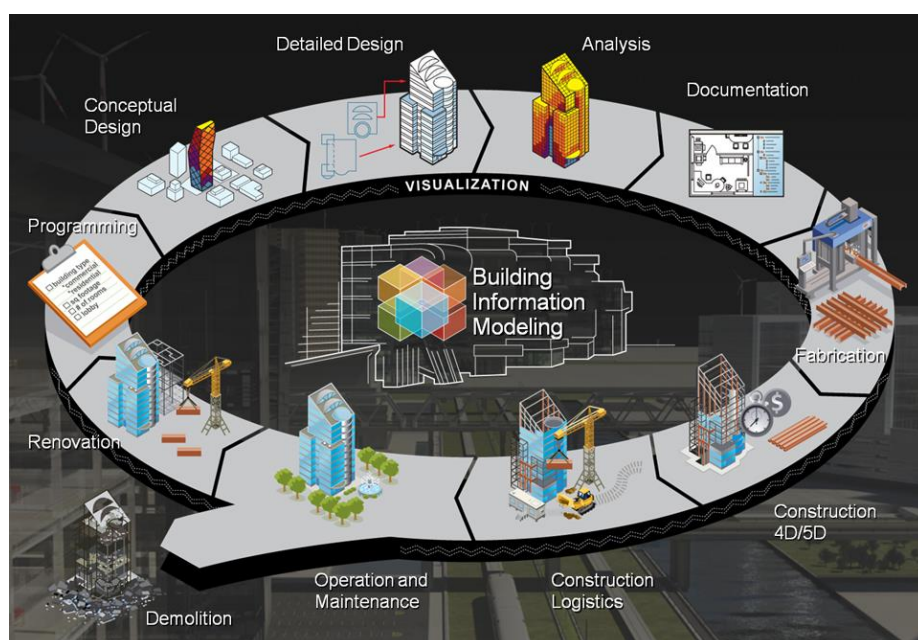


Figura 2.5 – Ciclo de Vida de um edifício (IBS 2011)

Em suma, o BIM é utilizado em todo o ciclo de vida de um edifício, embora, tenha uma maior utilização nas fases iniciais. Contudo, a utilização do BIM na fase de operações e manutenção tem tendência a aumentar. Este aumento está intimamente ligado à criação de ferramentas que permitam a ligação entre o modelo e as exigências desta fase do ciclo de vida do projeto.

## 2.4. LASER SCANNING E FOTOMETRIA

Este método electrónico permite a marcação de pontos de determinada superfície, através da utilização de um laser com grande poder de varredura. Para a correta caracterização dessa superfície são necessárias duas fases:

- A primeira, uma espécie de janela onde operar, sendo esta definida por dois ângulos, um horizontal e um vertical, à semelhança de uma estação total;

- A segunda, uma configuração dependente do nível de detalhe necessário, onde é possível aumentar ou diminuir a resolução, ou distância (mm) entre pontos; deste modo, a velocidade de varredura será inversa ao nível de detalhe dos objetos em questão.

Como é possível observar na figura 2.6, para um conjunto de caixas inicialmente submetido a uma varredura através do laser, obteve-se uma nuvem de pontos representativa da área que essas caixas ocupam. Todavia, o laser não consegue diferenciar ou delimitar materiais com facilidade.

De modo a colmatar os erros deste método, foi inserida uma imagem real (fotografia) da janela que está a ser varrida pelo laser, permitindo fazer uma delimitação mais precisa das caixas. Extrapolando estes resultados para um software, (p.e.-*Cloudworx*) é possível definir uma correta nuvem de pontos e a sua posterior caracterização em 3D, como demonstra a figura 2.7 (Samir El-Omari, 2008).

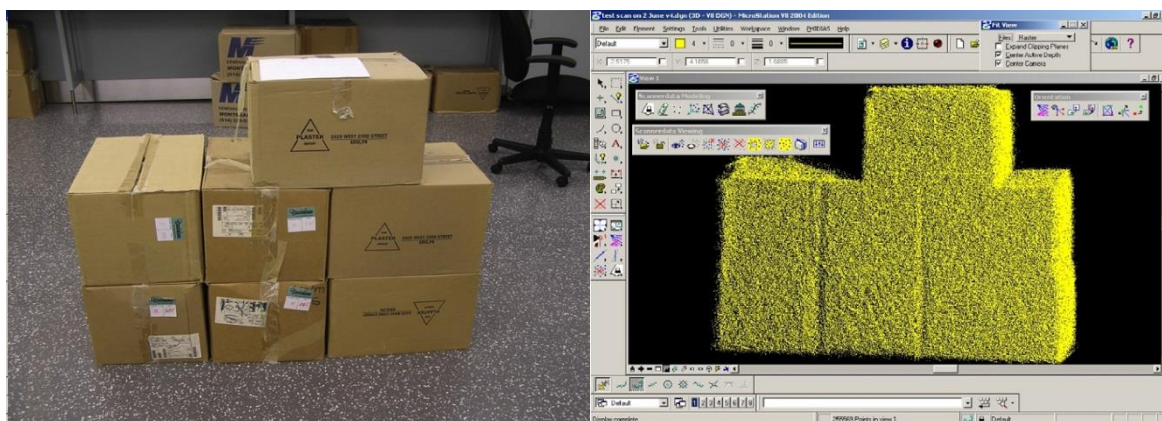


Figura 2.6 – Caixas e nuvem de pontos (Samir El-Omari 2008)

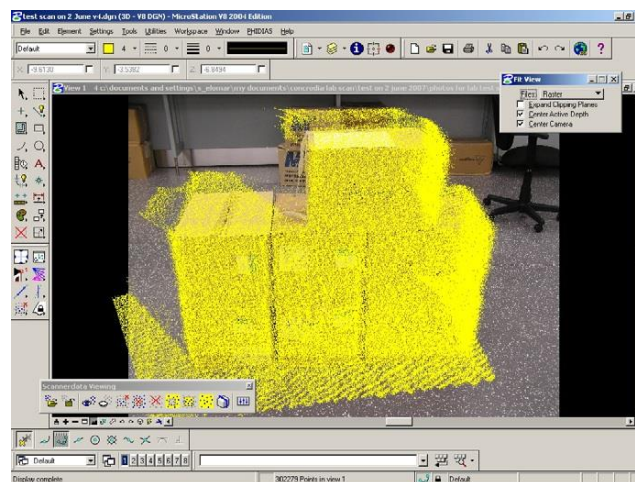


Figura 2.7 – Nuvem de pontos sobre caixas (Samir El-Omari 2008)

#### 2.4.1.1. *Laser Scanning* na reabilitação com BIM

Através da evolução desta tecnologia, é possível aplicar o *laser scanning* a diferentes fases de um projeto, nomeadamente nos projetos de manutenção/reabilitação.

Um projeto de manutenção/reabilitação é nos dias de hoje aplicado a edifícios antigos, em que as suas plantas na melhor das hipóteses serão em 2D CAD, podendo estar em papel ou nem existir, isto do

ponto de vista espacial. Do ponto de vista dos diferentes materiais, esta metodologia é de grande interesse, permitindo uma diferenciação entre materiais bastante precisa (José Oliveira 2012).

De modo a criar um modelo 3D BIM, não é necessária a utilização deste método, o que contudo, tornaria esta modelação bastante mais rigorosa. Por outro lado, em casos de modelação de edifícios para reabilitação, seria uma ferramenta valiosa, possibilitando neste caso a completa reconstrução do edifício, através da transposição da nuvem de pontos para um *software* BIM (Samir El-Omari 2008).

Apos a transposição dos pontos para um *software* 2D, um operador terá de exportar esses pontos para um programa BIM e proceder à sua modelação. Esta modelação, auxiliada *pelo laser scanning*, é mais rápida e também mais rigorosa, do que apenas com as plantas do edifício. No entanto é de notar que o nível de detalhe com que cada modelo é elaborado, está intimamente relacionado com a função que este desempenha (David Luebke 2003).

O *laser scanning* tem o objetivo de colmatar eventuais erros que estejam inerentes à utilização de documentos de 2D, tornando a modelação 3D mais rigorosa. Contudo, esta modelação será efectuada na mesma pelo operador. O elevado valor do equipamento e a sua difícil maneabilidade reduzem o interesse da sua utilização (Kris Weeks 2012).

## 2.5. CONCLUSÃO

Em suma, a tecnologia BIM permitirá tornar a indústria AEC mais eficiente através da elaboração de um modelo dinâmico, comum a todas as especialidades e fases do projecto. No entanto o BIM não é fácil de implementar, pelos custos que acarreta e pela resistência à mudança que existe na indústria AEC. É importante referir, que a implementação BIM terá impacto sobre todos os níveis da organização e não será tratado isoladamente como uma ferramenta de *software*. Outro fator que não atrai a utilização do BIM, é o valor gasto na formação de profissionais, por parte das empresas de construção. Contudo, o BIM em última instância será aplicado por exigência do cliente (Kristen Barlish 2012).

# 3

## GESTÃO DE INSTALAÇÕES

### 3.1. INTRODUÇÃO

A evolução da tecnologia da informação, tem obrigado a indústria da construção a uma constante adaptação. Prova disso, é a mudança radical que houve no mundo da Gestão de Instalações nas últimas duas décadas. Esta confluência entre a engenharia e a gestão, integra hoje em dia, processos bastante complexos, relativamente às infra-estruturas e à organização que desempenha as suas funções nesses ativos.

Segundo o CEN e o BSI “*Facilities management is the integration of processes within an organization to maintain and develop the agreed services which support and improve the effectiveness of its primary activities*” (CEN/BSI).

Traduzindo:

“Gestão de Instalações é a integração de vários processos dentro de uma organização, de forma a manter e desenvolver atividades que suportem e potenciem, a eficiência do negócio das suas atividades principais (*core business*).”

A gestão de instalações é um campo multidisciplinar, como referido acima, muitas vezes associada à administração de edifícios públicos, como escolas e hospitais, ou privados como hotéis. Em cada instalação, estão associadas diferentes tipos de necessidades, logo a gestão de edifícios terá de se adaptar a cada caso. Por essa razão, a *International Facility Management Association (IFMA)* identificou onze áreas de competência que devem ser tidas em atenção:

- Communication;
- Emergency Preparedness and Business Continuity;
- Environmental Stewardship and Sustainability;
- Finance and Business;
- Human Factors;
- Leadership and Strategy;
- Operations and Maintenance;
- Project Management;
- Quality;
- Real Estate and Property Management;
- Technology.



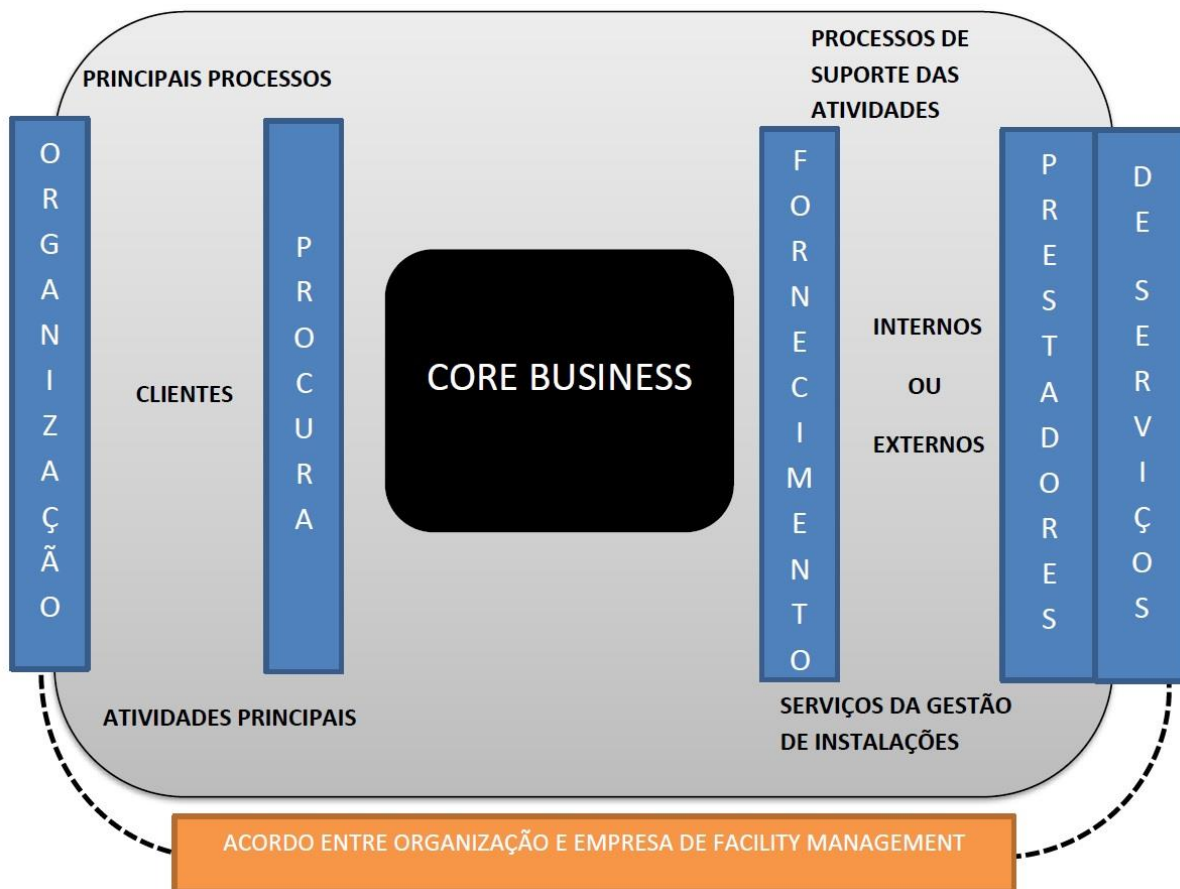


Figura 3.1 – Estrutura da gestão de instalações (David Cotts 2010)

Nos dias de hoje, a gestão de instalações é um negócio bastante competitivo, tendo como intuito a redução de custos e o aumento do valor dos serviços prestados. Cada vez mais, são necessárias qualificações profissionais bastante exigentes para trabalhar nesta área, de modo a assegurar a transferência de todo o tipo de encargos e preocupações, inerentes a qualquer actividade, que não seja o real núcleo (*core business*) daquele tipo de serviço/empresa. Na figura 3.1, está representada a estrutura da gestão de instalações. Por exemplo, no caso de uma empresa de telecomunicações, onde inerente ao seu negócio existe um enorme número de imóveis associados, tanto como lojas, sedes ou armazéns que necessitam de uma constante gestão. Se não existir uma política de gestão de instalações, alguém na empresa priorizará a gestão dos imóveis em detrimento do negócio da empresa. Diversas são as vezes que este indivíduo não possui o conhecimento necessário para garantir a melhor gestão. Em suma, este indivíduo deixará de fazer tarefas que permitem à empresa crescer, para executar tarefas que poderão, ou não, ser as mais corretas no que toca à gestão de instalações.

### 3.2. PAPEL DO GESTOR DE INSTALAÇÕES

Como foi referido, a gestão de instalações, é a coordenação entre várias disciplinas de determinado edifício e serviços associados, sendo o gestor ou os gestores, os responsáveis pelas decisões em relação às infra-estruturas. Os gestores têm de operar em dois níveis: Tático - Estratégico e Tático – Operacional (David Cotts 2010).



O gestor tem a responsabilidade de prever o impacto de qualquer decisão relativa à gestão da instalação em causa, de modo a causar o mínimo impacto possível, tanto nos serviços do edifício como nos clientes. A gestão e previsão são feitas com base nas seguintes áreas:(Frank Booty 2009)

- Segurança Ocupacional e Saúde;
- Segurança contra Incêndios;
- Segurança;
- Manutenção;
- Limpeza;
- Operações;
- *Procurement*;
- Gestão da Propriedade;
- Plano de Continuidade do Negócio;
- Mudança e Alocação de Espaço.

### 3.2.1. SEGURANÇA OCUPACIONAL E SAÚDE

Todas as organizações têm o dever de cuidar dos seus empregados, clientes e qualquer outra pessoa que seja afeta à empresa. A área que se encarrega de efectuar esta protecção é a Segurança Ocupacional e Saúde, actuando tal como o nome indica, nas áreas de saúde, segurança e qualidade de vida. O principal objetivo desta área da gestão de edifícios, é garantir que o ambiente de trabalho na organização é seguro e saudável.

Segundo a *International Labour Organization* (ILO) e a *World Health Organization* (WHO):

*"Occupational health should aim at: the promotion and maintenance of the highest degree of physical, mental and social well-being of workers in all occupations; the prevention amongst workers of departures from health caused by their working conditions; the protection of workers in their employment from risks resulting from factors adverse to health; the placing and maintenance of the worker in an occupational environment adapted to his physiological and psychological capabilities; and, to summarize, the adaptation of work to man and of each man to his job."*

*"The main focus in occupational health is on three different objectives: (i) the maintenance and promotion of workers' health and working capacity; (ii) the improvement of working environment and work to become conducive to safety and health and (iii) development of work organizations and working cultures in a direction which supports health and safety at work and in doing so also promotes a positive social climate and smooth operation and may enhance productivity of the undertakings. The concept of working culture is intended in this context to mean a reflection of the essential value systems adopted by the undertaking concerned. Such a culture is reflected in practice in the managerial systems, personnel policy, principles for participation, training policies and quality management of the undertaking."*

Sendo esta uma definição bastante abrangente, é normal haver uma grande diversificação e especialização, nesta área. Como exemplo, podemos comparar a Segurança Ocupacional e Saúde entre a construção e a indústria farmacêutica. Sendo duas áreas com elevados riscos inerentes às suas atividades específicas, necessitam de cuidados especializados, sendo necessário alguém com competências para lidar com cada caso. A Segurança Ocupacional e Saúde é uma área muito sensível

da gestão de instalações, essencialmente por ter agregado às suas responsabilidades, ativos humanos, requerendo um grande controlo e prudência por parte do gestor de instalações (Frank Booty 2009).

### 3.2.2. SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS

Está inerente a qualquer infraestrutura, um variado número de riscos. O risco de incêndio é um deles, sendo uma grande ameaça, não apenas para as vidas humanas presentes no edifício, mas também para toda a instalação e até mesmo, para o negócio/serviço que a organização disponibiliza. Nesta área, o gestor de instalações tem de se assegurar que o edifício tem um plano de manutenção e inspeção em funcionamento e em dia. É imprescindível um plano de segurança contra incêndios, sendo boa prática, inserir uma componente de simulacro (David Cotts 2010).

Mais uma vez, é de fácil compreensão, que o grau de complexidade entre instalações difere de área de negócio para área de negócio, não sendo possível aplicar as mesmas regras para todos os casos. Todavia, esta área é já bastante bem documentada. No caso de um edifício, é expectável que este já tenha um plano de incêndios desde a sua construção, plano este, efetuado de acordo com as utilizações-tipo das diversas actividades, que irão decorrer na infraestrutura, ao longo do ciclo de vida do imóvel.

### 3.2.3. SEGURANÇA

Esta área é um pouco ambígua, por ainda não ser da inteira responsabilidade da gestão de instalações, como no caso dos bancos. Neste caso, a segurança é feita por outro departamento independente. No entanto, esta área tem o objetivo de proteger os empregados e o negócio da instalação, recorrendo a diversificados sistemas, que mais uma vez, são adaptados à índole do negócio. Como exemplo, podemos comparar a segurança necessária num centro comercial, que já é considerada bastante complexa, com a segurança necessária numa prisão. Esta área assegura protecção num termo mais geral, do edifício e dos seus colaboradores (Frank Booty 2009).

### 3.2.4. MANUTENÇÃO

A definição de manutenção num âmbito geral, é a acção de manter, conservar ou proteger. No caso da Manutenção de Edifícios, o acto de preservar ganha relevância, pelo facto do edificado se encontrar na via pública. Desta forma, o edifício pode, colocar em risco vidas humanas e alterar a paisagem urbana ou rural pela degradação da fachada. Além da questão da segurança, o edifício tem um valor monetário inerente, mesmo que residual, que não está a ser aproveitado, antes pelo contrário. Segundo a NP EN 13306:2007 manutenção é a “Combinação de todas as acções técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida” (Rui Calejo 1989).

Segundo esta norma é necessário ressaltar alguns pontos:

- a) **Estratégia de manutenção:** “Método de gestão utilizado para atingir os objetivos de manutenção.”
- b) **Plano de manutenção:** “Conjunto estruturado de tarefas que compreendem as atividades, os procedimentos, os recursos e a duração necessária para executar a manutenção.”

- c) **Manutibilidade:** “Aptidão de um bem, sob condições de utilização definidas, para ser mantido ou restaurado, de tal modo que possa cumprir uma função requerida, quando a manutenção é realizada em condições definidas, utilizando procedimentos e recursos prescritos.”
- d) **Vida útil:** “Intervalo de tempo, que sob determinadas condições, começa num dado instante e termina quando a taxa de avarias se torna inaceitável ou quando o bem é considerado irreparável na sequência de uma avaria ou por outras razões pertinentes.”

A manutenção de edifícios tem o propósito de manter a segurança, o conforto e prevenir a deterioração para que o imóvel tenha a performance desejada de acordo com o que foi projetado, contribuindo para que o seu valor seja o mesmo ou superior.

Existem diversas metodologias de manutenção, cada uma aplicada a um caso e com repercussões várias. Segundo a NP EN 13306:2007 existe:

- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Programada;
- Manutenção Sistemática;
- Manutenção Condicionada;
- Manutenção Preditiva;
- Manutenção Corretiva;
- Manutenção Remota;
- Manutenção Diferida;
- Manutenção de Urgência.

#### 3.2.4.1. Manutenção Preventiva

“Manutenção efectuada a intervalos de tempo pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um bem.” [NP EN 13306:2007].

#### 3.2.4.2. Manutenção Programada

“Manutenção preventiva efectuada de acordo com um calendário pré-estabelecido ou de acordo com um número definido de unidades de utilização” [NP EN 13306:2007].

#### 3.2.4.3. Manutenção Sistemática

“Manutenção preventiva efectuada a intervalos de tempo preestabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização mas sem controlo prévio do estado do bem” [NP EN 13306:2007].

#### 3.2.4.4. Manutenção Condicionada

“Manutenção preventiva baseada na vigilância do funcionamento do bem e/ou parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as acções daí decorrentes” [NP EN 13306:2007].

#### 3.2.4.5. Manutenção Preditiva

“Manutenção condicionada efectuada de acordo com as previsões extrapoladas da análise e da avaliação de parâmetros significativos da degradação do bem” [NP EN 13306:2007].

#### 3.2.4.6. Manutenção Corretiva

“Manutenção efectuada depois da detecção de uma avaria e destinada a repor um bem num estado em que pode realizar uma função requerida” [NP EN 13306:2007].

#### 3.2.4.7. Manutenção Diferida

“Manutenção corretiva que não é efectuada imediatamente depois da detecção de um estado de falha, mas que é retardada de acordo com as regras de manutenção determinadas” [NP EN 13306:2007].

#### 3.2.4.8. Manutenção de Urgência

“Manutenção corretiva que é efectuada imediatamente após a detecção de um estado de falha, para evitar consequências inaceitáveis” [NP EN 13306:2007].

#### 3.2.5. LIMPEZA

A limpeza neste âmbito comercial, tem diversas metodologias e objectivos. Nesta área normalmente o contrato incorpora uma componente de performance em detrimento de uma componente horária. O nível de rigor da limpeza é também diferente consoante o que a organização pretende. Como exemplo, existe o caso da limpeza em superfícies comerciais, que difere em relação ao serviço que cada organização pretende fornecer. Tendo diferentes objectivos, no tipo de apresentação e cuidado das instalações, obrigatoriamente a qualidade e o preço do serviço prestado será diferente (David Cotts 2010).

#### 3.2.6. OPERAÇÕES

O departamento de operações, é aquele que está intimamente ligado ao “*core*” do negócio da organização, tendo como principal objectivo, assegurar que não há uma quebra na produtividade da empresa. Esta área da gestão de instalações pretende resolver os pequenos problemas do dia-a-dia de uma empresa, nas mais variadas áreas, desde uma pequena manutenção até á reposição de *stock* por motivos urgentes. Este departamento, geralmente, tem como método de trabalho a elaboração, de forma rápida, de pequenos relatórios, para o gestor de instalações poder lidar com os problemas em tempo real. Outra boa prática, para uma melhor organização deste departamento, é a existência de um *help desk*, que fique encarregado dos “*Soft Services*” e permita a ligação entre as entidades competentes e os “*Hard Services*” (David Cotts 2010; Frank Booty 2009).

#### 3.2.6.1. Soft e Hard Services

Estas duas classificações podem dividir o edifício, em parte física (*Hard Services*) e não física (*Soft Services*). *Hard Services*, são todos aqueles relacionados com elementos físicos da estrutura, em todas as áreas, como partes elétricas, estruturais ou mecânicas. Por outro lado, os *Soft Services* incluem áreas como a limpeza, receção ou *back office* (David Cotts 2010).

O departamento de operações é feito à medida de cada organização/edifício, sendo este, o elo de ligação entre os dois. É portanto uma área muito sensível da gestão de edifícios, onde é necessário um plano muito bem estruturado (Frank Booty 2009).

#### 3.2.7. PROCUREMENT

O *procurement*, é a área da gestão de instalações, que tem o objetivo de procurar novos contratos, mais favoráveis à organização, nas mais variadas áreas do FM, ou reajustar contratos já existentes. Esta procura é constante, de modo a que a organização esteja sempre a par do mercado à sua volta. Este departamento pretende que a organização pague o mínimo possível, pelos serviços requeridos. Outra razão para haver este departamento, é a fácil acomodação por parte das empresas subcontratadas por longos períodos de tempo. Existe a tendência das ligações profissionais se tornarem um pouco mais pessoais, permitindo um certo desleixo por parte da empresa subcontratada. Este desleixo, pode fazer, com que os requisitos que outrora foram acordados, não sejam cumpridos nos moldes do contrato (Frank Booty 2009).

Outra área que pode ser inserida no *procurement*, embora tenha outros moldes de contratação, é a área de gestão da propriedade. O contrato neste caso, não é um serviço, mas sim um imóvel, no entanto, é também essencial uma constante adaptação da renda. Sendo um imóvel, a negociação torna-se mais difícil, pois a empresa não quererá estar sempre a mudar a sua localização, se o valor não for favorável, por outro lado, o senhorio tem isso presente, e a seu favor. Se no entanto a empresa for a proprietária do edifício, não haverá qualquer ajuste a fazer (David Cotts 2010).

Em suma, este departamento zela pela qualidade dos contratos em vigor e assegura que sejam cumpridos os requisitos necessários para que a organização funcione em plenitude e também procura sempre diminuir o valor pago em contratos, sem prejudicar a qualidade de serviços que a empresa necessita.

#### 3.2.8. PLANO DE CONTINUIDADE DO NEGÓCIO

Todas as organizações devem ter um plano para o caso de acontecer algum imprevisto nas infraestruturas da empresa. Por exemplo, no caso de um incêndio, esta medida permite uma rápida resposta aquele desastre, de modo a diminuir as perdas da empresa e a retomar o mais rapidamente possível, mesmo que numa fase transitória, a produção da empresa. Permite não só a adaptação da organização na eventualidade de um desastre, mas sim em qualquer alteração verificada no negócio. Para a elaboração de um plano deste género é preciso um meticuloso trabalho de pesquisa, estar a par de todos os pormenores da organização e fazer várias análises de risco e os mais variados cálculos para uma possível recuperação da empresa. Não é uma tarefa simples, no entanto é algo bastante valioso para qualquer organização (Frank Booty 2009).

Este plano não é obrigatório para um gestor de instalações, embora permita uma maior segurança por parte da organização.

### 3.2.9. MUDANÇA E ALOCAÇÃO DE ESPAÇO

É prática corrente a gestão de instalações ser a área responsável pelas mudanças e realocações na empresa. Para tal tarefa, são utilizadas ferramentas de *design* computacional, de modo a proceder a estas mudanças. Com o evoluir da indústria AEC, e com o avançar das novas ferramentas BIM, como demonstrado acima, é possível entender que esta ferramenta é de grande utilidade para gestores de instalações (Kristen Barlish 2012; Frank Booty 2009).

### 3.3. CONTEXTUALIZAÇÃO NO MERCADO

A gestão de instalações é multidisciplinar e transversal ao negócio de qualquer organização. Contudo, e apesar de ser uma mais-valia para qualquer empresa, os moldes da sua actuação ainda não estão bem definidos em Portugal ou na Europa. Têm sido feitos esforços por parte de entidades competentes, para tornar esta atividade, uma atividade profissional, nomeadamente através da criação da EN 15221.

Em Portugal, por não ser ainda considerada uma atividade profissional, o INE não tem qualquer estatística relativa ao valor que este mercado poderá significar. De acordo com Martin Kelly, Director do KPMG LLP, o valor do mercado no Reino Unido é de cerca de 100 Milhões de Libras e tem tendência para aumentar (Martin Kelly 2009). Se estas condições se mantiverem, não só para Portugal, mas também para outros países da Europa, estamos perante um mercado em ascensão, já previsto por várias grandes companhias.

No mercado Europeu actual, ainda não é possível fazer *benchmarking*, ou seja, fazer uma comparação tanto entre empresas de FM como empresas subcontratadas para efectuar determinados serviços, como manutenção ou limpeza. Todavia, a tendência será poder fazer esse *benchmarking* e possibilitar que haja uma comparação entre empresas e serviços que indique valores de mercado bem definidos e coerentes.

### 3.4. GESTÃO DE INSTALAÇÕES E O BIM

Como descrito acima, existem diversos benefícios na implementação de processos e ferramentas BIM no setor da AEC. Ferramentas que tornam possível: redução de custos de construção, aumento na qualidade informativa sobre o projeto e integração de projetos de diferentes especialidades, redução de erros associados à alteração de objetivos, aumento da interoperabilidade e actuação em todo o ciclo de vida do projeto (Rob Howard 2008; Peter Love 2011). Estes benefícios da implementação do BIM na gestão de projecto, estão intimamente ligado à fase de construção, permitindo grande controlo na área de custos e cumprimento das diversas fases do projeto. No entanto tais benefícios são irrisórios, comparativamente com todo o ciclo de vida de um activo (Kristen Barlish 2012).

A ligação entre o FM e o BIM não é necessária, contudo, tal resultará num ganho de valor, inicialmente não no aspecto financeiro, mas no aspecto tecnológico. Este valor, é essencialmente adicionado a um novo modelo de trabalho que, à partida será mais inteligente que o actual, permitindo uma ligação entre todas as fases do ciclo de vida de um projeto. Desta forma, haverá menos quebras de informação desde a sua conceção à sua destruição. No entanto, a pequena implementação BIM que existe hoje em dia, ligada ao fraco planeamento de projecto, torna a ligação entre BIM e FM semelhante ao esquema presente na figura 3.2. Na figura 3.2 existem diversas áreas integrantes no projeto, mas com um fluxo apenas unidirecional, não obtendo nenhum tipo de feedback relativo à tarefa desempenhada. Desta forma não é possível a resolução de possíveis erros. Num fluxo de trabalho BIM ideal, esta quebra de projecto não existe, sendo tudo planeado de modo a haver continuidade, figura 3.3 (Peter Love 2013).

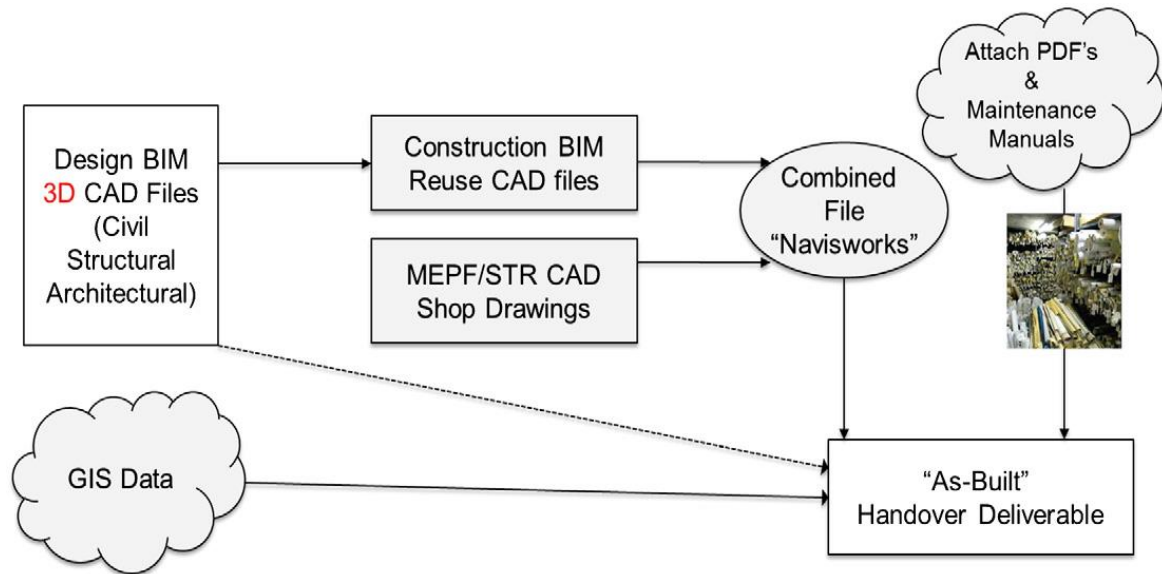


Figura 3.2 – Típico projeto BIM e FM (Peter Love 2013)

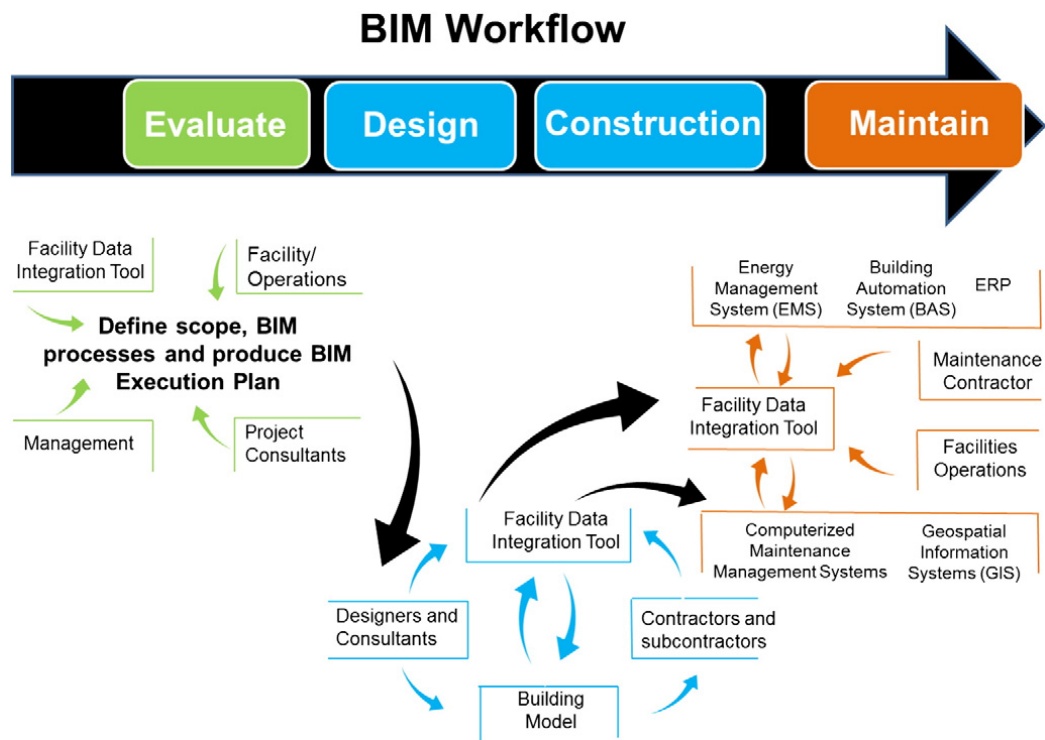


Figura 3.3 – Projeto BIM e FM ideal (Peter Love 2013)

Todas as mudanças necessárias para fazer uma correta ligação entre o FM e o BIM, embora parecendo simples, são bastante complexas e de difícil implementação e como referido acima, não são traduzidas num valor monetário directo para a organização (David Bryde 2012).

De maneira a melhorar o entendimento de valor, é possível observar a figura 3.4, onde um método BIM permite uma constante iteração, que procura extrair os benefícios máximos, numa constante procura por boas práticas pelas diferentes partes de um projeto (Peter Love 2013).

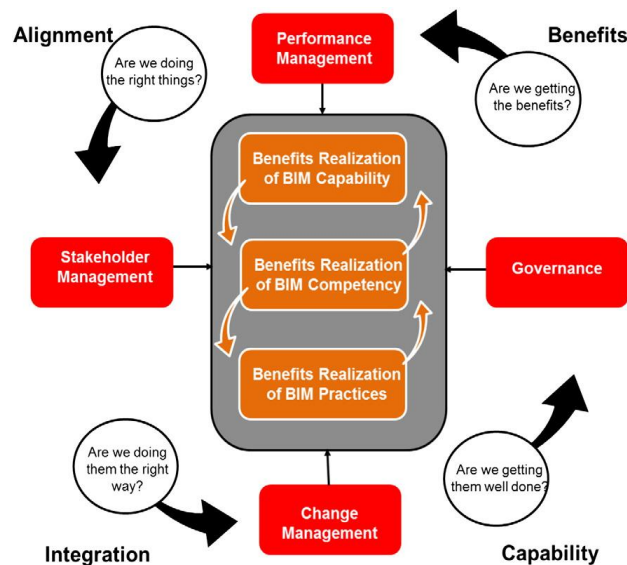


Figura 3.4 – Método demonstrativo de valor do BIM para o ativo de um dono de obra (Peter Love 2013)

O *Facility Management* poderá ganhar bastante com o BIM, como descrito acima, no entanto, como é possível ver na figura 3.3, isto é para um cenário ideal, onde o edifício é feito com um propósito e onde tudo é planeado desde o começo da sua conceção. A realidade do nosso País, a uma escala mais alargada, do Continente Europeu é diferente, onde a gestão de instalações será essencialmente feita em edifícios já com alguma idade, e onde nem sequer houve um plano sobre o que poderia vir a ser tal infraestrutura. Perante estas situações existe um enorme número de entraves à ligação entre FM e BIM tais como:

- Falta de um modelo 3D parametrizado;
- Falta de plantas em CAD para posterior criação de modelo BIM 3D;
- Falta de informação sobre os diversos materiais e equipamentos do Edifício;
- Falta de informação sobre manutenções elaboradas.

Ultrapassando estas barreiras, é possível ter um modelo virtual do edifício, com toda a informação necessária e relevante para o desempenho da gestão do edifício. No caso de estudo, no capítulo cinco, é descrita a abordagem a este tipo de problemas.

### 3.5. AUXILIO COMPUTACIONAL NA GESTÃO DE INSTALAÇÕES

A evolução da complexidade inerente à gestão de qualquer instalação está relacionada com a evolução do sector construtivo. Prova desta evolução, é a edificação cada vez mais arrojada e vanguardista que se tem praticado, muito à custa da utilização de equipamentos cada vez mais eletrónicos em detrimento de mecânicos.



De modo a suportar a gestão de edifícios, começaram a ser desenvolvidas aplicações, chamadas de CAFM, *Computer Aided Facility Management*. Estas aplicações começaram a ser desenvolvidas no final dos anos oitenta com o aparecimento da automatização computacional, com o principal objetivo de manter e controlar as diferentes áreas do FM, já descritas acima.

A comercialização deste tipo de sistemas é feita por diversos tipos de firmas, grandes ou pequenas. No entanto, os modelos iniciais deste tipo de sistemas eram desenhados consoante a necessidade de cada cliente e alojados num servidor da própria organização. Desta forma a organização era obrigada a contratar alguém para fazer a manutenção do servidor (Robert Eadie 2013).

Hoje em dia, a maioria das empresas que fornecem serviços CAFM fazem-no através de “*Cloud Services*”, ou seja, todo o sistema informático está online, em servidores independentes da organização. Estes *Cloud Services* ficam encarregados de fazer a manutenção do sistema informático. Desta forma, é permitida uma interação mais simples entre o sistema informático e o utilizador, pois esta interação é feita por um qualquer *browser*, em qualquer ponto do mundo (SoftwareAdvice 2013).

Estas aplicações são bastante abrangentes e cada área tem muita informação. Deste modo é prática geral a sua construção ser modular, em que a aplicação fica segmentada pelas diferentes áreas do FM. Esta compartimentação, organiza a informação permitindo um acesso mais simples à mesma. As áreas de foco na elaboração de uma aplicação deste tipo são:

- Gestão de Espaço;
- Planeamento Estratégico;
- Operações;
- Gestão de Ativos;
- Portfólio de Edifícios;
- Gestão de Projetos;
- Manutenção de Instalações;
- Sustentabilidade;
- Recursos Humanos.

A organização que requer os serviços de FM, delimita que áreas ficam a cargo da empresa subcontratada, sendo esta a responsável pela escolha do *software* que será usado para a gestão de instalações. Geralmente, cada empresa que fornece estes serviços cria o seu próprio *software* que necessita de uma ligeira adaptação de organização para organização. Existem outros tipos de aplicações comerciais que permitem que a gestão de instalações seja levada a cabo pelos donos de obra ou por alguém que fique encarregado da gestão de instalações. Geralmente estas aplicações são bastante gerais e não respondem a todas as exigências de uma empresa (SoftwareAdvice 2013).

### **3.6. APLICAÇÕES COMERCIAIS DE GESTÃO DE INSTALAÇÕES**

Existe um grande número de aplicações comerciais que auxiliam o desempenho da gestão de instalações. Estas aplicações são essencialmente modulares, permitindo uma mais fácil adaptação à realidade de cada empresa, como mencionado acima.

Após pesquisa, foi possível seleccionar os principais *softwares* de gestão de instalações. É de notar que geralmente as empresas de FM constroem o seu próprio *software* à medida das suas necessidades

e das necessidades das empresas para que prestam serviços. Das diversas aplicações comerciais, encontramos aplicações desenhadas propositadamente para a optimização de serviços hospitalares, hoteleiros ou superfícies comerciais, sobretudo no que toca à **reposição de stock**. Cada negócio tem particularidades, sendo necessária a adaptação a essa realidade. Outro módulo essencial na gestão de qualquer instalação é o de **manutenção**. Estas aplicações permitem o armazenamento e tratamento de dados relativos aos diversos equipamentos, as suas manutenções e outros documentos importantes para o correto funcionamento dos mesmos, como manuais de instruções ou garantias. A **alocação de espaços**, é bastante valiosa em organizações que alterem o espaço de trabalho constantemente. Estes *softwares* permitem visualizar que mudanças são possíveis com os objetos pretendidos e o espaço que existe, tornando o processo de mudança muito mais rápido. Este tipo de *software* é feito em 2D, trabalhando com as áreas fornecidas pela organização. Todavia, com o avançar da tecnologia BIM, este tipo de software será obrigado a adaptar-se, resultando numa mais fácil visualização, inserção de objetos e possíveis simulações, dos mais diversos tipos, como sistemas AVAC ou exposição solar (David Bryde 2012; SoftwareAdvice 2013).

### 3.6.1. SOFTWARE DE AUXILIO A OPERAÇÕES

É possível classificar um *software* auxiliar de operações como aquele que permite o desempenho de operações automático e sistematizado. Existem inúmeras aplicações que permitem esse tipo de controlo, por exemplo, a *MediTouch EHR Electronic Health Record Software* e a *FMX*.

#### 3.6.1.1. MediTouch EHR Electronic Health Record Software

*Software* criado por uma empresa americana, com o objetivo de facilitar algumas operações inerentes à prática médica. Deste modo esta aplicação permite aos responsáveis médicos fazer o seu trabalho clínico, diminuindo o tempo necessário a dedicar a tarefas como facturação ou marcações.

O *MediTouch EHR* permite aos hospitais conectar vários departamentos, prevenindo perda de informação. As principais características deste *software* são: funcionamento *web* permitindo a ligação entre diversos dispositivos electrónicos; calendarização de consultas e tratamentos completamente informatizada, sem espaço para erros; reposição de *stock*; gestão documental; facturação (Figura 3.5) (MediTouch).

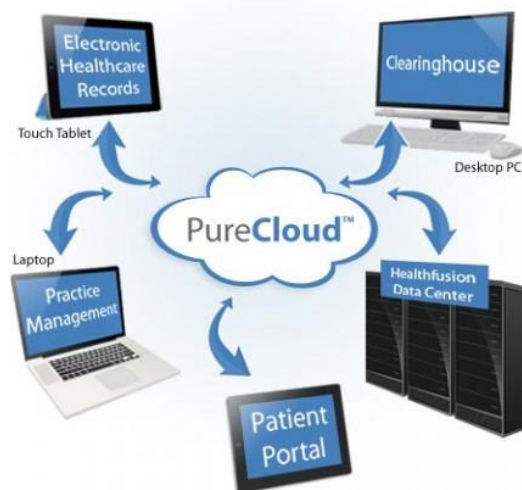


Figura 3.5 – Imagem alusiva ao sistema da *MediTouch EHR* (MediTouch)

### 3.6.1.2. FMX

Aplicação bastante simples de calendarização, reserva de espaços, planeamento de manutenção e avisos de avaria, sempre inseridas por um operador. Este *software* permite que o gestor de instalações tenha um maior controlo sobre equipa de manutenção, podendo coordená-la de forma adequada e tornando mais eficientes os recursos que tem à sua disposição (FMX 2013).

### 3.6.2. SOFTWARE DE AUXILIO À MANUTENÇÃO

A manutenção de edifícios é uma tarefa necessária ao bom funcionamento de qualquer instalação e de qualquer negócio. É recorrente apenas haver manutenção correctiva. Contudo, este tipo de *softwares* pretende tornar a manutenção uma tarefa rotineira em vez de pontual.

#### 3.6.2.1. Hippo FM

Aplicação criada para funcionamento *web*, com possível interface móvel, permitindo que o operador se desloque pelo edifício que com apenas um telefone, consiga ter acesso a todo o tipo de informação necessária para fiscalização ou reparação de qualquer equipamento. Permite também a calendarização de manutenções e inspecções. É um *software* de auxílio de operações de manutenção que permite um maior controlo por parte do gestor de instalações (HippoFM 2013).

#### 3.6.2.2. Maintenance Edge by FacilityDude

À semelhança de outras aplicações deste género, a *MaintenanceEdge*, permite não só a gestão da manutenção, mas também um controlo de propriedades e de inventários, tudo isto numa aplicação com funcionamento *online*. Na figura 3.6 é possível observar um formulário tipo, de um equipamento no *software* de manutenção em questão (FacilityDude 2013).

The screenshot shows a web-based form for entering equipment data. At the top, there is a checked box for 'Item Number' with the value 'HVAC-AC-56878-CITYHALL'. Below this is a note: '\* Item Number is a primary sort. Please use an identifier that will sort your equipment in an understandable way. You can use characters and/or numbers.' The form includes several dropdown menus and text input fields: 'Classification' (set to '/HVAC'), 'Type' (set to 'AIR COMPRESSOR'), 'Description' (empty), 'Manufacturer' (set to 'CARRIER'), 'Supplier Or New Supplier' (set to 'CARRIER'), 'Date Purchased' (with a calendar icon), 'Original Cost' (set to '0.00'), 'Location' (set to 'BLDG - ADMIN - City Hall'), 'Bldg./Unit' (set to '-- Select Bldg./Unit --'), 'Area' (set to '-- Select Area --'), 'Area Number' (set to 'Boiler Room'), 'Tag Number' (empty), 'Model Number' (empty), 'Serial Number' (set to '56878'), 'Out of Service Begin' (with a calendar icon), 'Out of Service End' (with a calendar icon), 'Date Placed' (with a calendar icon), 'Date Removed' (with a calendar icon), 'Warranty Expires' (with a calendar icon), 'Life Expectancy Unit' (set to '-- Select Life Expectancy Unit --'), and 'Life Expectancy' (empty). There is also an 'Add New' link next to the 'Life Expectancy Unit' dropdown. At the bottom, there is a 'Notes' section with a text area.

Figura 3.6 – Exemplo de preenchimento de um equipamento na aplicação *Maintenance Edge* (FacilityDude 2013)

### 3.6.3. ALOCAÇÃO DE ESPAÇO

Este problema arquitectónico tem cada vez mais impacto em qualquer organização, contribuindo para a necessidade de elaboração de ferramentas que permitam uma correta ocupação dos diferentes espaços existentes. Esta ocupação vai desde arrumação de *stock* em armazém até mudanças de *open spaces*. Esta área tem utilizado, cada vez mais, ferramentas BIM para uma medição precisa de áreas, tal como referido anteriormente.

#### 3.6.3.1. FacilityCAD

Aplicação inicialmente destinada para gestão de áreas, de modo a permitir o planeamento da realocação de objectos, reduzindo custos e tempo. No entanto, com o crescer da indústria, esta aplicação foi sendo desenvolvida para responder a outros problemas, como a gestão de património. Hoje em dia este *software* permite fazer a gestão de diversos imóveis, analisar inúmeros dados relativos às diferentes propriedades e fazer relatórios e gestão de recursos humanos.

A alocação espacial é utilizada através de um *browser*, numa espécie de programa CAD online (figura 3.7), sendo esta uma tarefa da responsabilidade ou do gestor de instalações ou de alguém responsável por essa tarefa ou da própria *FacilityCAD* e que poderá ser contratada pela organização que pretende este serviço (FacilityCAD 2013).

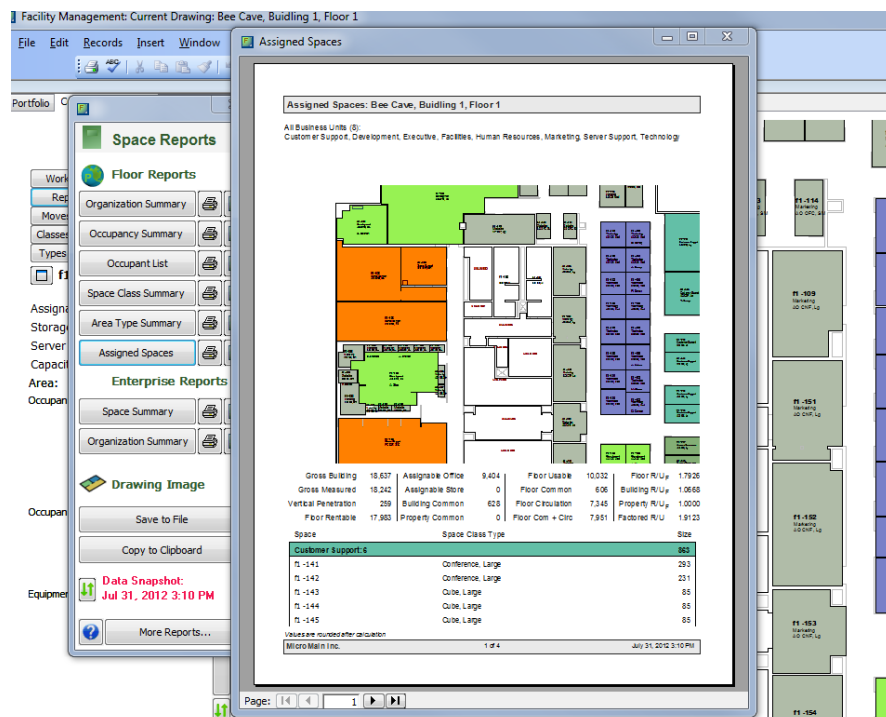


Figura 3.7 – Alocação de espaços através de uma aplicação com funcionamento web (MicroMainCorporation)

### 3.7. APLICAÇÃO NO CASO DE ESTUDO

Depois de demonstrado o potencial destas diferentes aplicações *web* é possível, por um lado, imaginar o que será a gestão de instalações sem o auxílio destas ferramentas, ou pensar em melhorias para ferramentas já existentes. Na tabela 3.1 sumarizam-se as vantagens e desvantagens das aplicações revistas acima.

Após esta revisão, foi perceptível que a melhoria do interface entre estes *softwares* e os operadores é o passo a seguir. Este tipo de *software* necessita de ser acessível de qualquer local e funcionar em qualquer dispositivo móvel que suporte *web-browsing*, o que nem sempre é verificado nos softwares acima descritos. Outro ponto relevante na elaboração de tal ferramenta, o facto de ser de fácil utilização e de não ter menus demasiado elaborados, para que qualquer técnico com algumas horas de formação consiga utilizá-la sem dúvidas. É de ressaltar que, especialmente nas áreas de manutenção de equipamentos, os técnicos responsáveis podem ser pessoas que não interajam bem com novas tecnologias, sendo imperativo que uma ferramenta deste género seja o mais simples possível.

É neste âmbito que, no caso de estudo à frente, se desenha uma possível aplicação *web*, na área da manutenção de equipamentos, que pretende colmatar alguns problemas na gestão da manutenção, verificados no caso em estudo. A criação desta aplicação tem como principais objectivos responder aos problemas verificados pela falta de uma base de dados, sobre a manutenção efectuada no mesmo, permitindo ao mesmo tempo uma organização documental de todos os equipamentos existentes nas instalações.

Tabela 3.1 – Vantagens e desvantagens dos *softwares* revistos

		Vantagens	Desvantagens
Operações	FMX	Interface simples tanto em computadores como em dispositivos móveis	-
	EHR	Integração de várias actividades no mesmo software	Não permite adicionar imagens pelos dispositivos moveis
Manutenção	HippoFM	Utilização de dispositivos moveis	Interface bastante complexa nos dispositivos moveis; Apenas funciona com Internet Explorer
	MaintenanceEdge	Monitorização 24/7 pela MaintenanceEdge	Limitações dos browser de dispositivos moveis
Alocação de Espaço	FacilityCAD	Ligação ao AutoCAD	Necessário aplicação nativa para cada sistema operativo



# 4

## MODELAÇÃO DE DADOS

### 4.1. INTRODUÇÃO

Com o intuito de organizar toda a informação relevante para o gestor de instalações, foi criada uma base de dados, que é explorada mais à frente nesta dissertação. Neste capítulo são abordados os principais conceitos relativos ao funcionamento e o propósito da construção de tal ferramenta.

Uma base de dados é um conjunto de informação organizada, que permite que seja possível o seu acesso de uma forma simples e rápida, informação esta, que estará acessível através de meios computacionais. Toda esta informação, inserida em determinada base de dados, está interligada de alguma forma, sendo possível o seu tratamento de forma organizada. É possível olhar para uma base de dados, como uma colecção de *registos*, em que cada um contém um ou mais *campos* (p.e., data de nascimento) relativos a uma *entidade* (p.e., uma pessoa) (The\_Linux\_Information\_Project 2006).

De modo a facilitar a interação entre o utilizador e uma base de dados, foram criadas ao longo dos anos, aplicações chamadas de DBMS, *Database Management Systems*. Entre os diversos sistemas existentes é possível ressaltar o *MySQL*, *PostgreSQL*, *SQLite*, *Microsoft SQL Server* ou *Oracle*. Apesar de todas estas aplicações terem o mesmo objetivo, a interoperabilidade entre elas é bastante limitada, tornando necessário usar modelos *standard* como ODBC, SQL ou JDBC, para ser possível uma ligação entre a base de dados e um outro *software* qualquer (Luís Martins 2011).

Neste capítulo é abordada a informação necessária à criação da aplicação *web*, nomeadamente sobre a *framework* utilizada para a desenvolver e os principais comandos para criação deste género de *softwares*. *Framework* esta, que é cada vez mais utilizada especialmente pela facilidade de interação e suporte *online*, muitas das vezes prestada por outros utilizadores.

### 4.2. WEB APPLICATION FRAMEWORK (WAF)

Um WAF, é um *software* desenhado com o propósito de suportar e desenvolver aplicações web de um modo simplista. Geralmente são facultadas bibliotecas de bases de dados ou *templates*, permitindo uma criação mais intuitiva e simples. Existem três tipos de arquiteturas para *frameworks* de aplicações web :

- *Model-View-Controller* (MVC);
- *Push-based vs Pull-based*;
- *Three-tier organization*.

Todavia, apenas se analisa a arquitetura *Model-View-Controller* (MVC), por englobar a WAF que foi utilizada para a criação da aplicação web presente no caso de estudo. A *Model-View-Controller* é a

*framework* geralmente mais utilizada. Permite uma separação de vistas de resultados, uma para humanos e outra para *web services* (The\_Linux\_Information\_Project 2006).

### 4.3. RUBY ON RAILS

*Ruby on Rails* é um WAF em *opensource*, ou seja, um ambiente de trabalho para aplicações *web* mas onde a sua programação é acessível a qualquer utilizador. Desta forma, é permitida a colaboração de qualquer indivíduo que tenha conhecimentos naquela aplicação. O *Ruby on Rails* permite a criação de páginas web que armazenam e vão buscar informação a um servidor, interagem com a base de dados e mostram os resultados pretendidos, muitas vezes com *templates* já existentes, apenas sendo adaptados pela escolha do utilizador (Rails\_Guide 2012).

De modo a fazer uma correta configuração da aplicação web, é necessário ter em conta os seguintes conceitos:

- *Model*;
- *Controller*;
- *View*;
- *Out of the box content*.

O *model* no *Ruby on Rails*, permite criar as relações entre as diversas tabelas presentes na base de dados e atribuir o nome que se pretender a modelos, tabelas da base de dados ou a ficheiros. Se o *model class* for *User*, o ficheiro será *user.rb* e ficará na pasta *app/model* do directório de determinado projeto, como é possível observar na figura 4.1. O Rails possui uma ferramenta própria para geração de novos modelos. Para isso basta escrever na linha de comandos “*rails generate model Post* (tipo de modelo) *title:string text:text*”. Este comando criou um modelo do género *post* com um campo para um título e um outro campo para um texto (Rails\_Guide 2012).

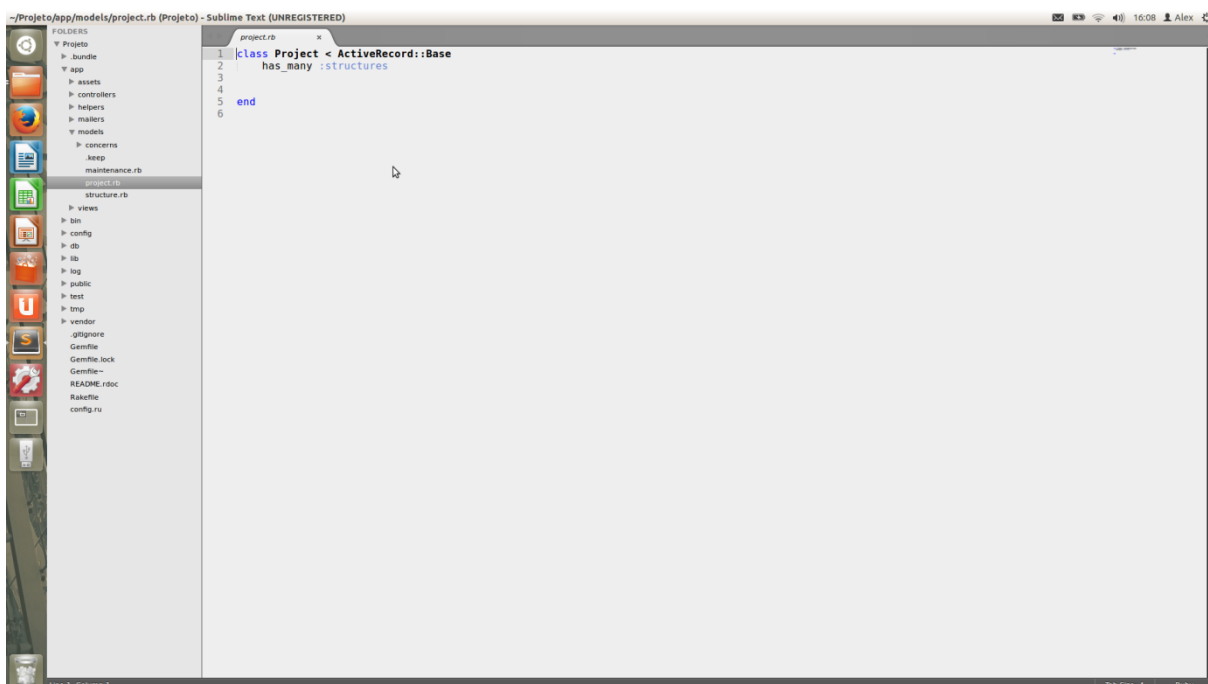


Figura 4.1 – Vista das pastas do projeto à esquerda e vista do *model* e as suas dependências



O *controller* é a ligação entre o que o utilizador insere e o que recebe, este responde a pedidos externos ao servidor e direciona a vista pretendida. Os *controllers* controlam as mais variadas tarefas, desde o apagar de um registo, ao gerar um PDF. O *Ruby on Rails*, de modo a facilitar os criadores de aplicações web, aconselha a utilização de *RESTful routes*, ou seja *routes* (destinos), já assimilados pela *framework* de modo a não ser necessário uma configuração extensa, de um controlador para essas tarefas já predefinidas (p.e., *Destroy, Show, New, Edit*), figura 4.2. A configuração de um *controller* é diferente de um *model*, sendo necessário abrir o editor e definir o que se pretende que seja executado, por exemplo, criar um controlador de criação de um *post* novo (Rails\_Guide 2012).

*def create*

*@post = Post.new(post\_params)*

*@post.save*

*redirect\_to @post*

*end*

*private*

*def post\_params*

*params.require(:post).permit(:title,:text)*

*end*

Deste modo, definimos o que é a acção *create post*. Aliás definimos duas acções o *create* e o *post\_params*, necessário criar por questões de segurança do *Rails*.

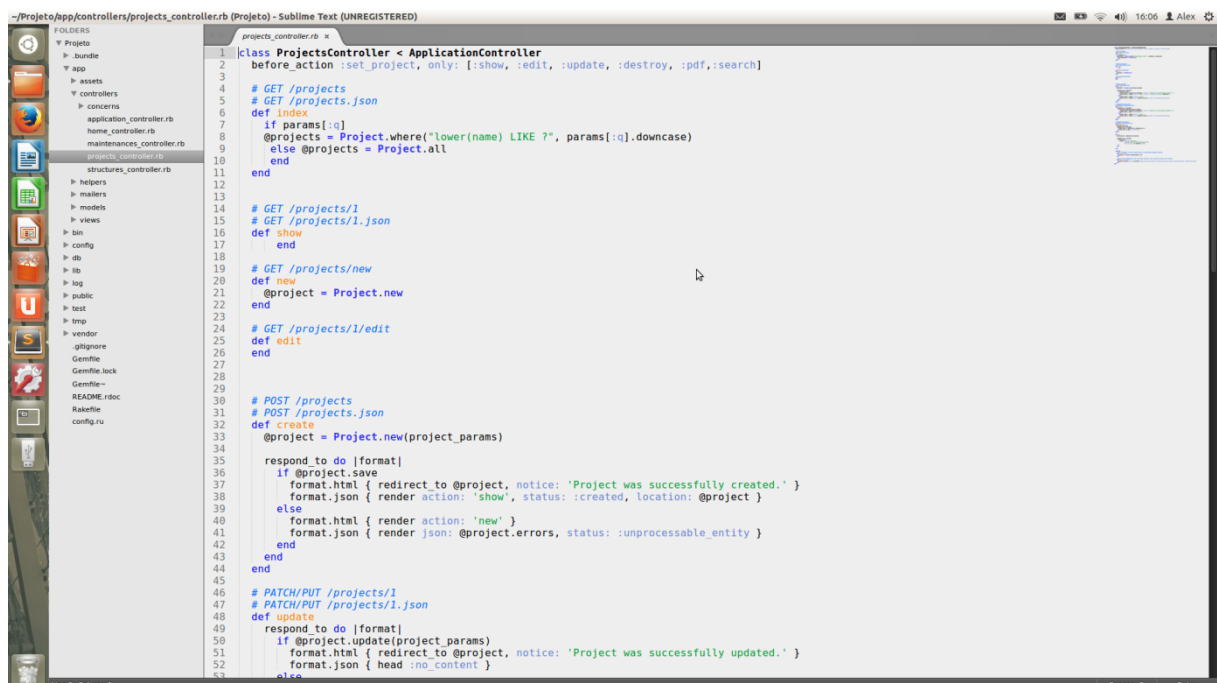


Figura 4.2 – Vista dos controladores e as suas acções

*View*, tal como o nome indica, inclui as diversas vistas de determinada aplicação. Toda a programação existente é transposta para HTML e é possível utilizar o mais variado tipo de *templates*. Podemos

caracterizar um formulário, um PDF ou um *e-mail* como *view*. Na Figura 4.3 está a programação por detrás da visualização de um formulário da aplicação *web*, enquanto na figura 4.4 está a vista através de um *browser* qualquer. Para a criação de uma vista é apenas necessário criar um *controller* e a própria *view* (Rails\_Guide 2012).

```

1 <%= form_for(@project) do |f| %>
2   <% if @project.errors.any? %>
3     <div id="error-explanation">
4       <h2><%= pluralize(@project.errors.count, "error") %> prohibited this project from being saved:</h2>
5
6       <ul>
7         <% @project.errors.full_messages.each do |msg| %>
8           <li><%= msg %></li>
9         <% end %>
10      </ul>
11    </div>
12  <% end %>
13
14  <div class="field">
15    <%= f.label :name %><br>
16    <%= f.text_field :name %>
17  </div>
18
19  <div class="field">
20    <%= f.label :Address %><br>
21    <%= f.text_field :address %>
22  </div>
23
24  <div class="field">
25    <%= f.label :Contact of the Building %><br>
26    <%= f.text_field :contact %>
27  </div>
28
29  <div class="field">
30    <%= f.label :Responsible Person %><br>
31    <%= f.text_field :incharge %>
32  </div>
33
34  <div class="field">
35    <%= f.label :Cellphone number of the Responsible %><br>
36    <%= f.text_field :numerotelefone %>
37  </div>
38
39  <div class="field">
40    <%= f.label :Email of the Responsible %><br>
41    <%= f.text_field :email %>
42  </div>
43
44  <div class="field">
45    <%= f.label :Description %><br>
46    <%= f.text_field :descricao %>
47  </div>
48
49  <div class="field">
50    <%= f.label :Project Observations %><br>
51    <%= f.text_field :observacoesproj %>
52  </div>
53

```

Figura 4.3 – Vista do formulário de um item em HTML

New Item

Project: Caramulo

Item:

Brand:

Model:

Useful power:

Consumption:

Rpm:

Type of fuel:

Year of manufacture:

Gas type:

Type of power supply:

Caudal:

Capacity:

Figura 4.4 – Vista a partir de um browser do formulário de um item

De modo a facilitar o desenvolvimento deste tipo de aplicações, o *Ruby on Rails*, permite ainda utilizar uma espécie de ferramentas “*out of the box*”. Ou seja, com comandos já existentes, ou com a instalação de *addons*, chamados *gems*, torna possível a execução de diversas acções que seriam de difícil criação, como a geração de um PDF. Outro comando bastante utilizado na criação de uma aplicação web é o “*Scaffold*”, que cria automaticamente uma base de dados, com *models*, *views* e *controllers*, os pontos-chave para a criação da *WebApp* (Rails\_Guide 2012; Scolari 2011).



# 5

## CASO DE ESTUDO

### 5.1. INTRODUÇÃO

Durante a realização desta dissertação, foi apresentado ao autor um caso de um edifício de serviços de hotelaria. A administração do edifício em questão, estaria interessada em acompanhar a evolução das tecnologias na construção, com a obtenção de um modelo 3D BIM do hotel. Este interesse por parte da administração, permitiu que fosse possível a criação de um modelo virtual. No entanto, o caso de estudo não se ficou pela modelação e absorveu outra componente da indústria construtiva, a gestão de instalações. O hotel possui um plano de manutenção preventiva (PMP), a partir do qual se implementou uma rotina devidamente calendarizada para todos os equipamentos. Verifica-se no entanto, que o suporte físico (papel) dessa informação dificulta a aplicação do PMP assim como o registo das acções efectuadas.

Posto isto, o presente capítulo apresenta uma descrição do hotel em questão e as duas vertentes do caso de estudo. Uma primeira sobre a modelação tridimensional BIM, e uma segunda, que se refere à incorporação do plano de manutenção preventiva, com a modelação da base de dados mencionada no capítulo quatro.

Esta metodologia tem como principal objetivo, armazenar de forma simples toda a informação referente ao plano de manutenção do caso de estudo, sendo possível a qualquer altura e em qualquer lugar a sua consulta através de um dispositivo móvel ou do modelo BIM, para o gestor de instalações.

### 5.2. DESCRIÇÃO DO HOTEL

*“O Caramulo é uma vila com cerca de 1.000 habitantes que corresponde territorialmente à freguesia de Guardão, do município de Tondela. Como o nome indica, fica na Serra do Caramulo, a qual administrativamente pertence aos distritos de Aveiro (parte ocidental) e Viseu (parte oriental). Foi a única vila portuguesa planeada de raiz. O Caramulo foi criado em 1921, e foi a primeira vila do país a dispor de saneamento básico e electricidade.*

*É um médico de Tondela, Abel Lacerda, que descobre no princípio do século as virtudes do clima de Paredes do Guardão. E que inicia o progressivo crescimento de uma estância de tratamento de doenças pulmonares que, na sua fase de apogeu, ostentava 19 grandes sanatórios, orgulhando-se de ser a maior estância da Península Ibérica e a segunda a nível europeu. Contudo, com a progressiva erradicação da doença e a descoberta de novos tratamentos, a estância foi desactivada, e aos poucos foram sendo encerrados e abandonados os sanatórios do Caramulo, que acolhiam doentes de todo o país. Sofreram, desde os anos 60, um lento declínio, que se consumou após o 25 de Abril. O último sanatório fechou as portas em 1986, dando fim a uma crise que se vinha acentuando há décadas e que*

*passava pela degradação patrimonial e pela total desagregação económica e consequente abandono populacional”(Face\_Ocultas\_de\_Portugal).*

O hotel do Caramulo foi adaptado do antigo sanatório Salazar construído em 1921, apresentando hoje em dia alguns problemas de construção. Inicialmente, foi apenas construído o edifício principal, onde se situam os 83 quartos, 4 suites, restaurante, cozinha e receção. O segundo edifício foi construído mais tarde, em 1997, tornando o hotel do Caramulo o primeiro em Portugal com um spa.

Este hotel de quatro estrelas situado no concelho de Tondela, é composto por 2 blocos, o principal com tipologia de hotel (Fig 5.1) é constituído por 6 pisos e o segundo, é composto pela piscina interior, spa, zona de ginásio, discoteca e sala de conferências, perfazendo 3 pisos (Fig.5.2).



Figura 5.1 – Fachada principal do hotel do Caramulo



Figura 5.2 – Fachada do edifício do spa e do hotel do Caramulo



A zona climática onde o hotel está construído é I3-V2 Região Norte, por estar numa altitude superior a 600m. A fachada principal está virada a Noroeste mas o hotel tem orientação nos quatro quadrantes colaterais (Fig 5.3). A renovação de ar processa-se de forma natural e forçada e a iluminação do hotel composta essencialmente por lâmpadas fluorescentes do tipo compactas e lâmpadas incandescentes, que têm vindo a ser gradualmente substituídas por lâmpadas economizadoras.



Figura 5.3 – Vista aérea do hotel do Caramulo

### 5.3. MODELAÇÃO BIM

#### 5.3.1. REVIT

O primeiro passo para a construção virtual do edifício, foi a escolha do *software* a utilizar. Não existe um *software* melhor que outro. No entanto, o Revit é dos que mais suporte aos modeladores faculta, por pertencer a uma organização já bastante conhecida no mundo dos softwares para engenharia, a *autodesk*. Para esta primeira fase não foi necessária nenhuma ligação extra a *addons*, contudo, esse é um aspecto interessante deste tipo de *softwares*, em que existe um constante desenvolvimento de aplicações que podem ser inseridas num projecto. Como por exemplo, o *addon* da automatização da construção, que permite a visualização em formato de vídeo, da evolução do projeto consoante um calendário elaborado por exemplo no MSProject e posteriormente inserido no Revit.

#### 5.3.2. PROCESSO DE MODELAÇÃO

O hotel foi adaptado de um sanatório, como descrito acima, sendo que a construção remonta ao início do século XX. Foi necessária uma medição rigorosa das áreas do hotel, primeiro para se fazer um levantamento em *AutoCAD* de todo o hotel, segundo para a elaboração de um modelo 3D BIM. O projeto do edifício está disponível na Autarquia de Tondela. Todavia, o hotel possui peças desenhadas em formato PDF, não editável. Entretanto, e para efeitos do projecto de segurança contra incêndios, que se encontrava em elaboração, foi necessário efectuar-se o levantamento arquitectónico, que resultou na produção de desenhos em formato editável (DWG).

### 5.3.2.1. Ligação AutoCAD/Revit

A primeira fase deste projecto, foi transferir as plantas já elaboradas em *AutoCAD*, para o ambiente de trabalho do *Revit* com o propósito de modelar o edifício de modo mais rigoroso possível, diminuindo os erros inerentes à tarefa descrita.

Uma vez num novo projeto *Revit*, procedeu-se à ligação com um ficheiro CAD (Figura 5.4), correspondente a um piso, escolhendo as opções de medidas métricas. Na figura 5.5 é possível ver a planta do piso escolhido, neste caso o piso 1. Deste modo, é possível iniciar a modelação deste piso de forma correta, desenhando os elementos necessários sobre a planta.

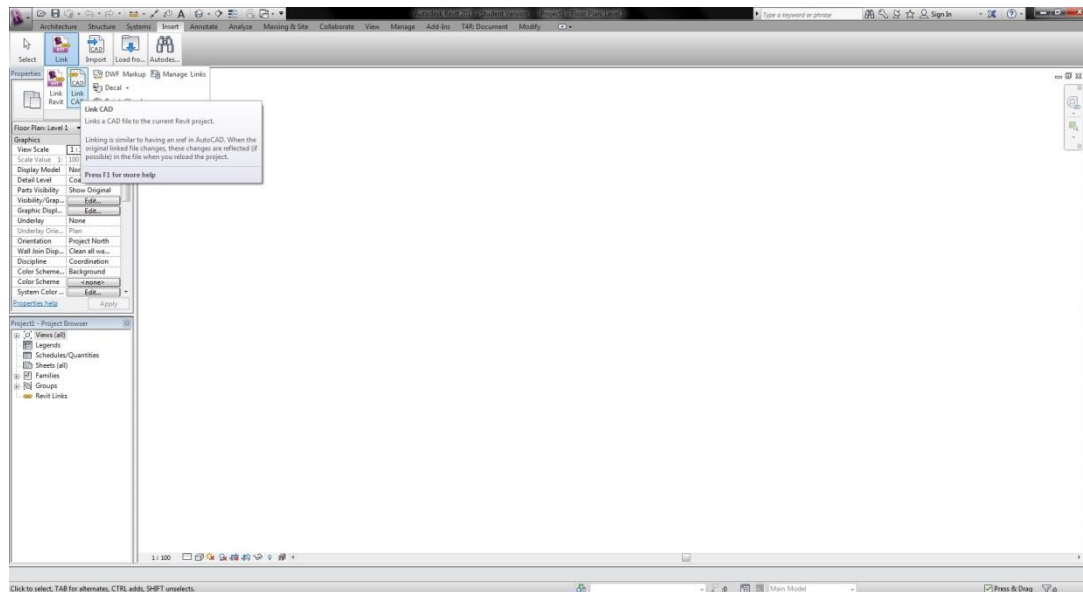


Figura 5.4 – Link CAD com o Revit

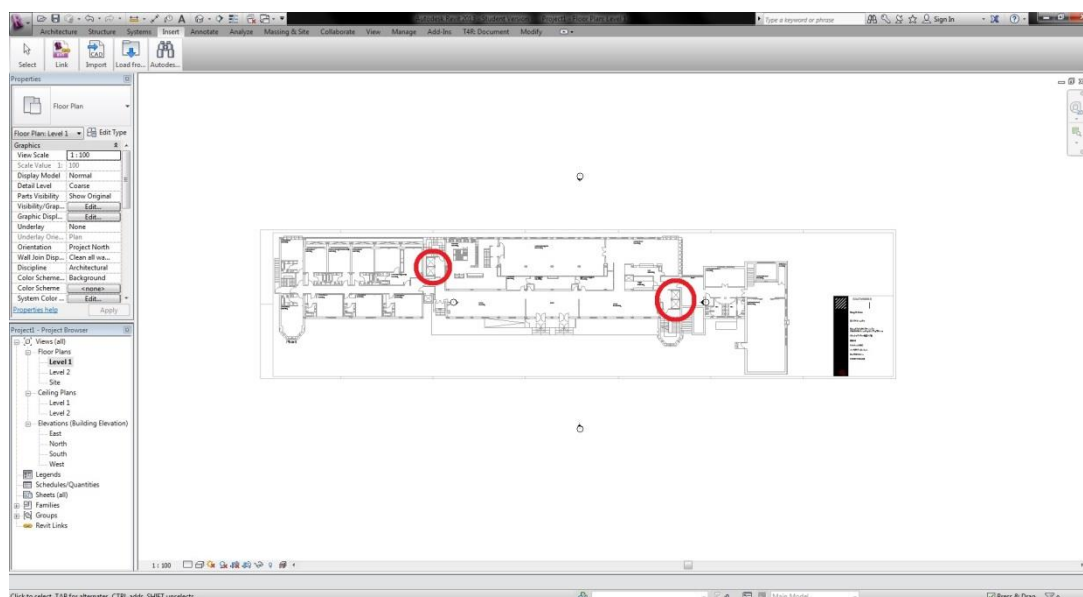


Figura 5.5 – Imagem CAD inserida no Revit



Pode ser verificado na Figura 5.5, que existem elevadores no hotel, sendo boa prática alinhar a caixa de elevador de cada piso. Para fazer este alinhamento, foram criadas duas colunas de secção quadrada com comprimento infinito, de modo a ligar duas caixas de elevador de pisos diferentes. Estes elementos são estritamente auxiliares e foram retirados no final do projecto de modelação.

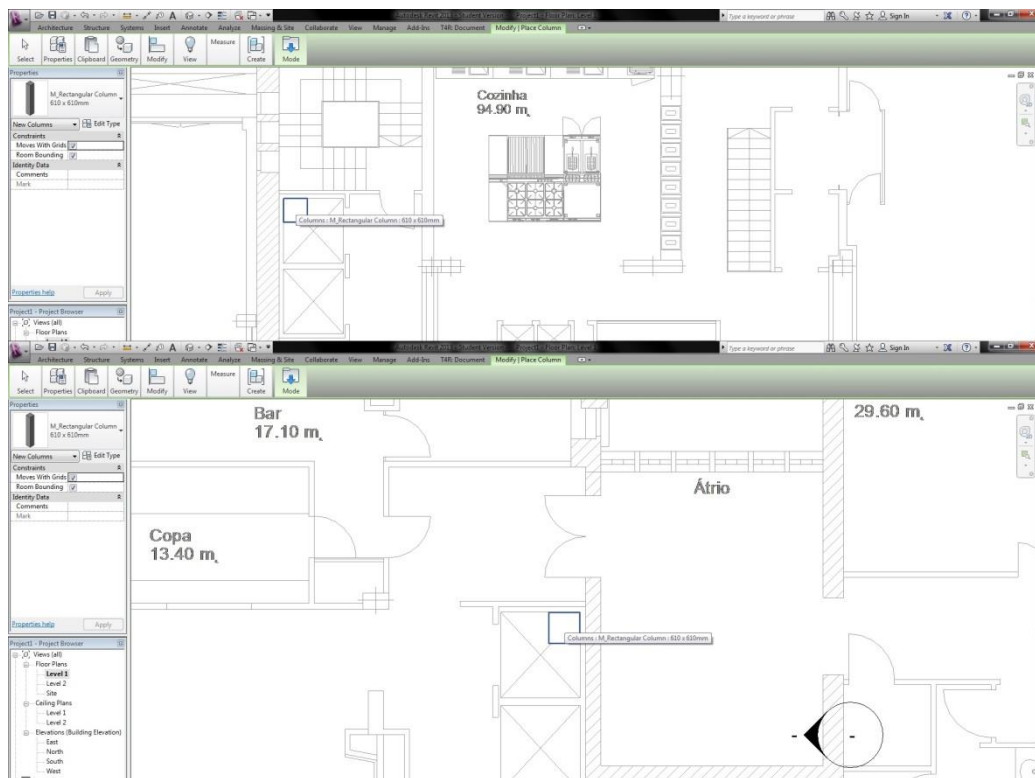


Figura 5.6 – Criação de colunas infinitas de modo a alinhar as caixas de elevador

Agora é possível inserir todas as plantas do hotel e alinhá-las pelas caixas de elevador, para um alinhamento perfeito de todos os pisos. Se no entanto, os pisos não ficarem perfeitamente alinhados nas duas caixas, quer dizer que existe um erro nas plantas, e terá de ser feita uma correcção manual no *Revit*. Para a correta modelação do hotel, foi efectuada a correcção manual mencionada acima, não no edifício principal, mas sim no edifício do spa em que as caixas de elevador do piso -1 e 0 não eram coincidentes, tendo sido necessário distorcer a área do piso 0. Estes erros são bastante recorrentes em ficheiros CAD e poucas são as vezes em que são detectados.

### 5.3.2.2. Construção de Paredes

Agora que todas as plantas estão alinhadas, são criadas as paredes do modelo. Para elaborar esta tarefa, foi necessário medir a espessura de cada parede, para tornar o modelo o mais fiel possível.

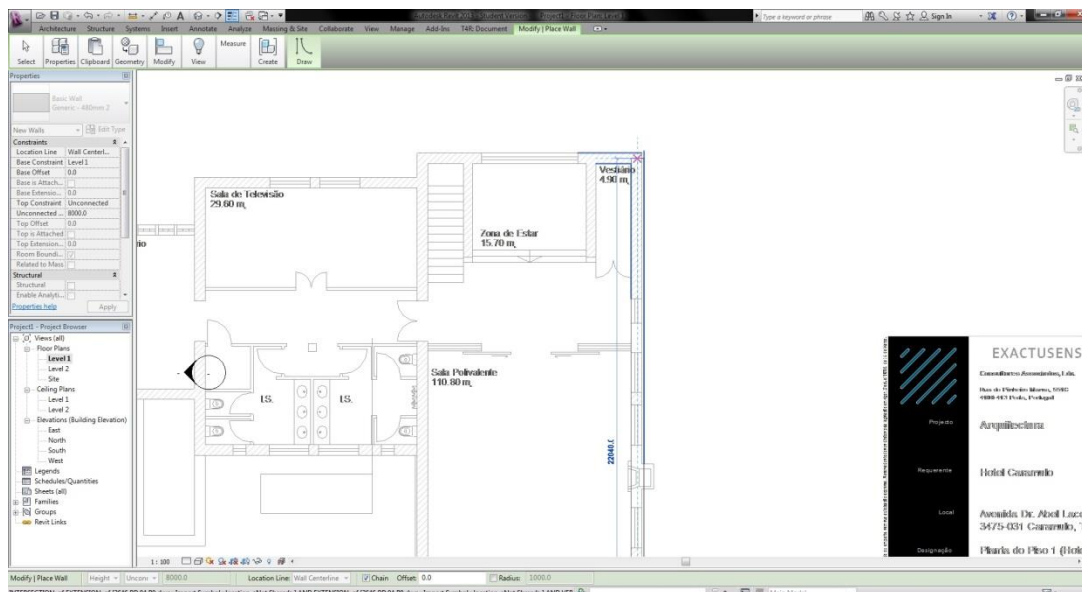


Figura 5.7 – Construção 2D de uma parede

Como demonstrado na figura 5.7, depois de escolher o tipo de material e a espessura, seguem-se as linhas da planta, de modo a criar uma parede. Desta forma o Revit sabe que aquele elemento tem determinadas características, algo não possível no *AutoCAD*, onde qualquer linha é apenas isso mesmo, uma linha.

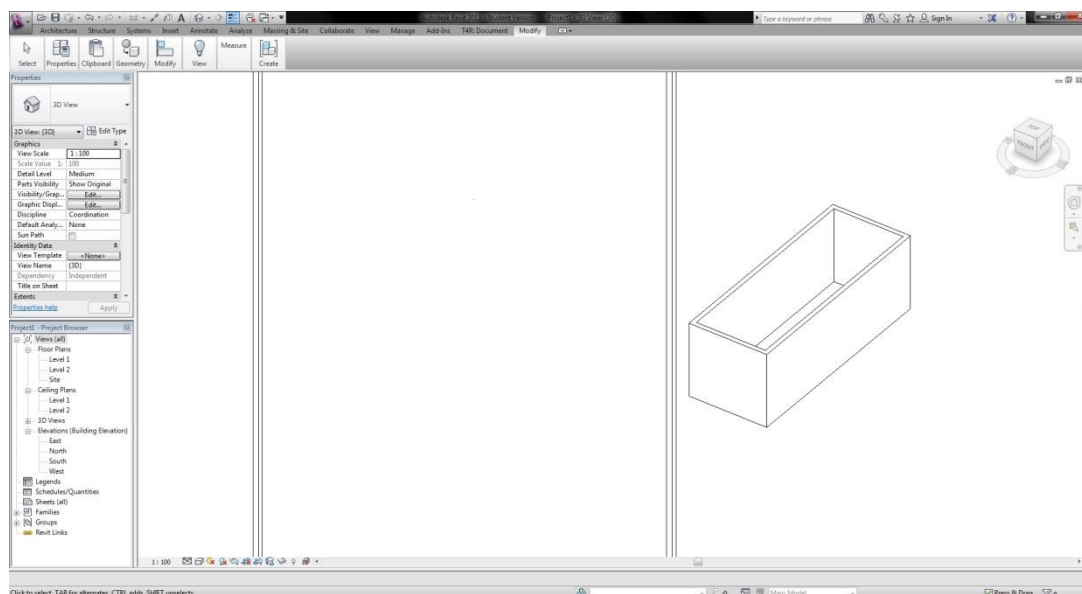


Figura 5.8 – Vista 3D das quatro paredes construídas e das duas colunas auxiliares

Prosseguindo a construção das paredes, obteve-se uma divisão, possível observar na figura 5.8. Através da sistematização deste método descrito, foi possível a criação de todas as paredes do modelo do hotel.

### 5.3.2.3. Construção do pavimento, teto e teto falso.

No seguimento desta fase construtiva irá ser demonstrado como foi inserido no projeto o pavimento, o teto e o teto falso. À semelhança das paredes, é necessário escolher o elemento pretendido para cada caso.

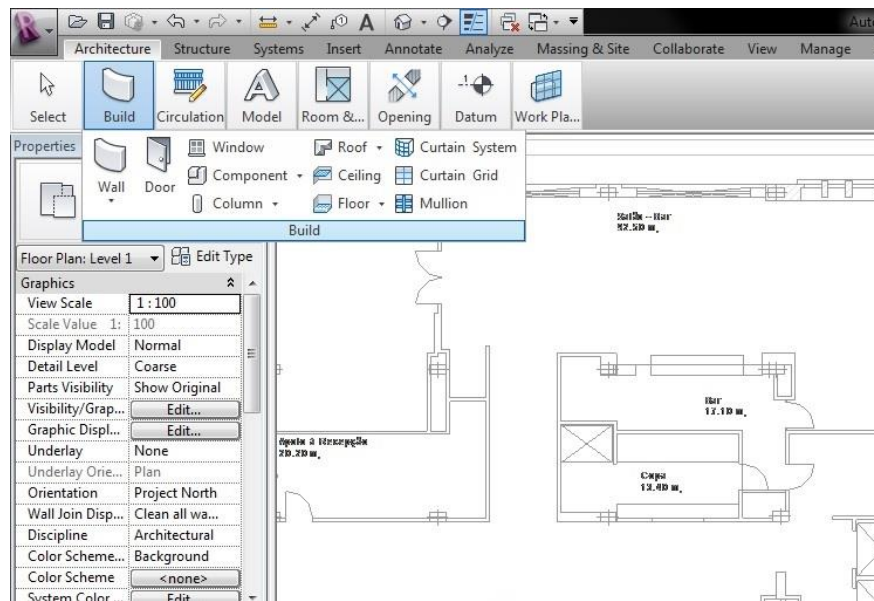


Figura 5.9 – Escolha de elementos

Na figura 5.9, é possível observar a diversidade de possíveis escolhas para a construção de determinado elemento, neste caso foi escolhido o elemento “floor”. De seguida, é possível escolher a forma geométrica pretendida, que neste caso foi um retângulo (figura 5.10).

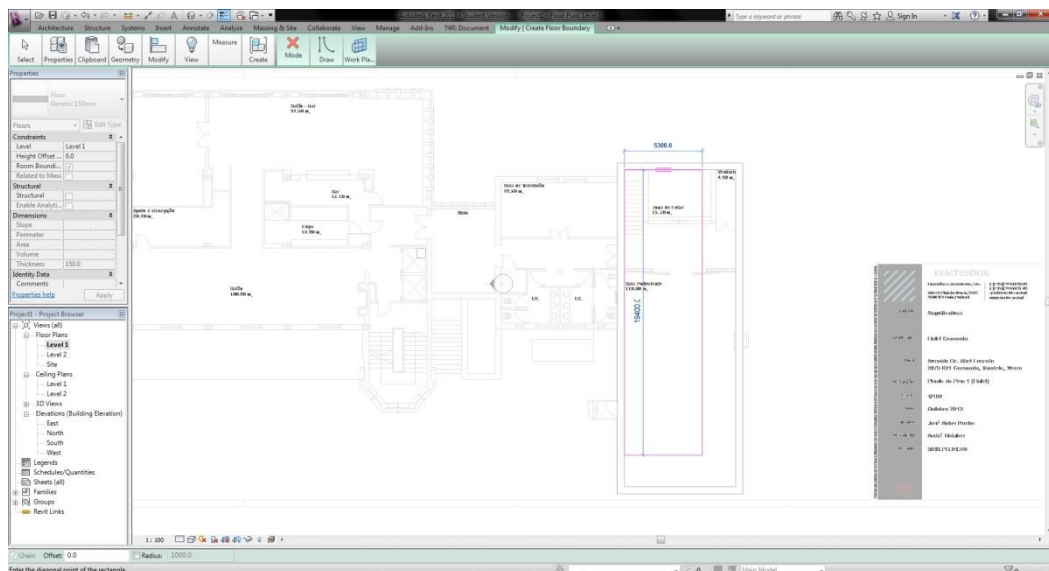


Figura 5.10 – Construção do pavimento

Depois de construído o pavimento é possível voltar à vista 3D para observar que alterações houve. Todavia, para uma mais fácil visualização, a coloração dos elementos foi alterada como é possível observar na figura 5.11.

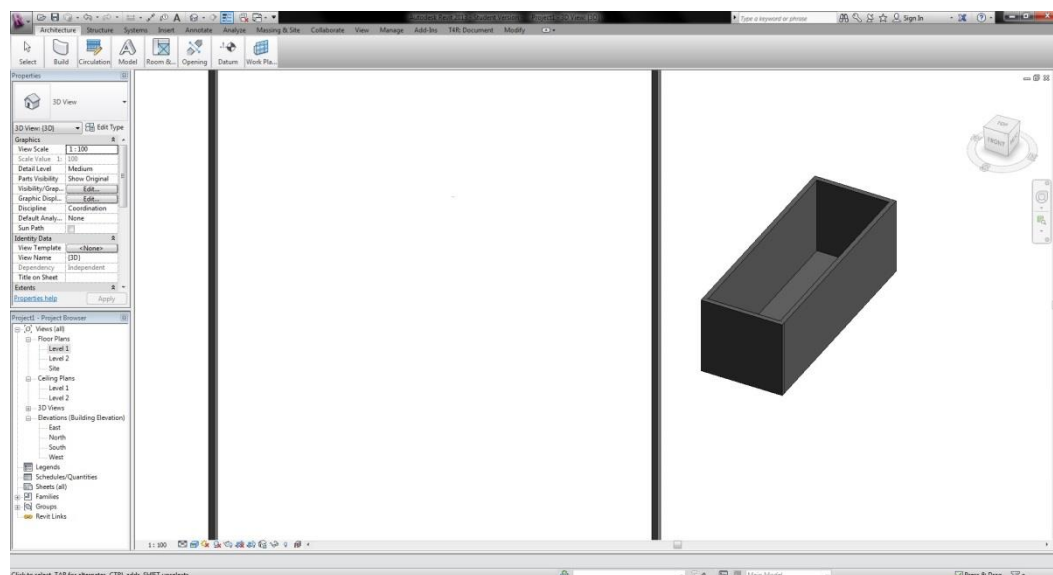


Figura 5.11 – Vista 3D da criação do elemento “floor”

A construção virtual do teto, ou do teto falso é exactamente igual à do pavimento, escolhendo apenas outro tipo de elemento. Quando um destes elementos é escolhido, existem algumas opções a considerar, nomeadamente a “*Height Offset*” ou seja a diferença da altura em relação à base do pavimento, que por defeito é zero. Esta caixa que aparece do lado esquerdo da figura 5.12 é o controlo de medidas de qualquer elemento que seja criado no Revit.

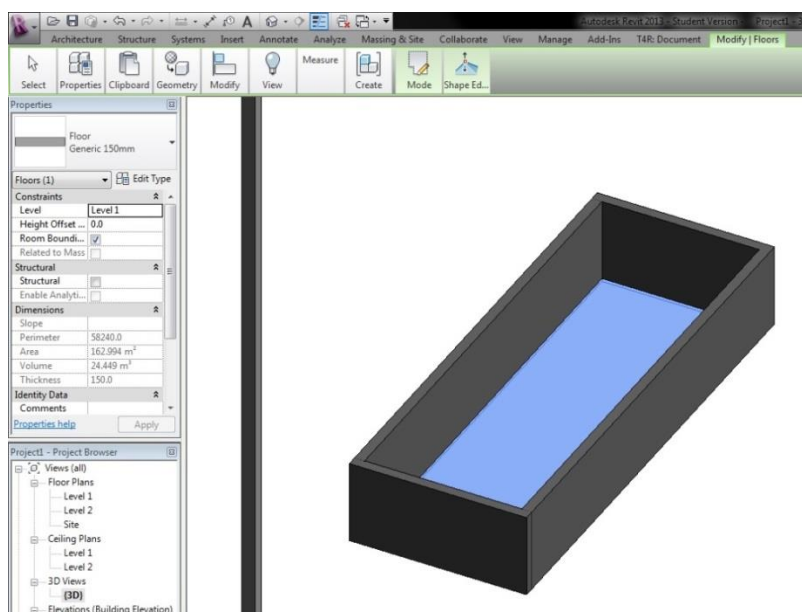


Figura 5.12 – Caixa de controlo de medidas do Revit e *offset* do pavimento

#### 5.3.2.4. Construção do Telhado

A construção deste elemento é semelhante à construção de qualquer dos outros elementos horizontais já referidos. No entanto, quando se pretende representar as águas furtadas é necessária uma abordagem um pouco diferente (figura 5.13), sendo necessário inserir linhas de corte e escolher a altura pretendida de determinados pontos.

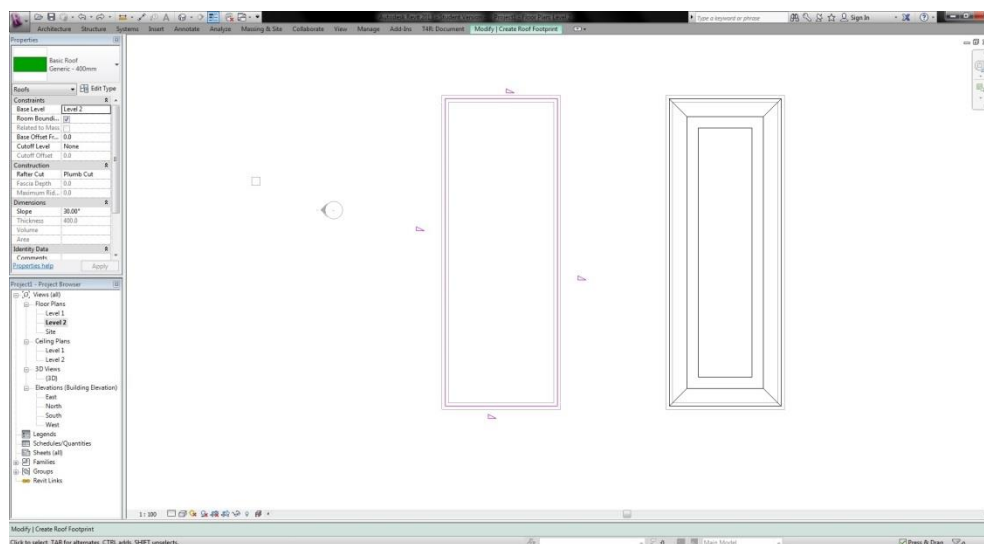


Figura 5.13 – Construção do Telhado com quatro águas

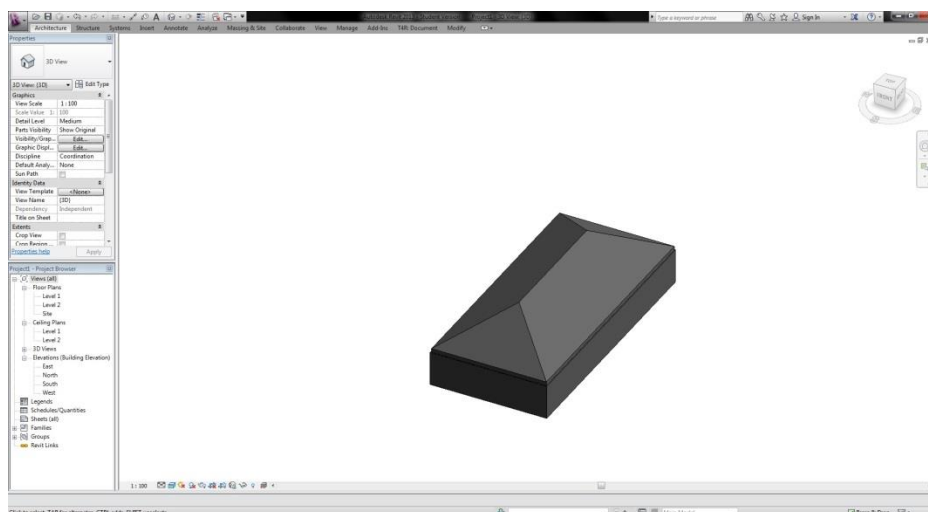


Figura 5.14 – Telhado com quatro águas em 3D

Desta forma é possível obter o telhado representado na figura 5.14. Contudo, existem inúmeros métodos para criar o mais variado número de telhados.

### 5.3.2.5. Inserção de Elementos no Modelo Virtual

Como já foi mencionada acima, existem diversos tipos de materiais já embutidos no *Revit*. Existe também, uma enormidade de opções alternativas, sendo ainda possível adicionar famílias de elementos, de maneira a utilizar objetos parametrizados ou não, criados por diversos utilizadores. A utilização é possível se os seus criadores partilharem tais objectos, através da “cloud” (Arcat).

Para tentar aproximar este modelo do edifício, foram inseridas algumas famílias de janelas e portas como se pode ver nas figuras 5.15 e 5.16.

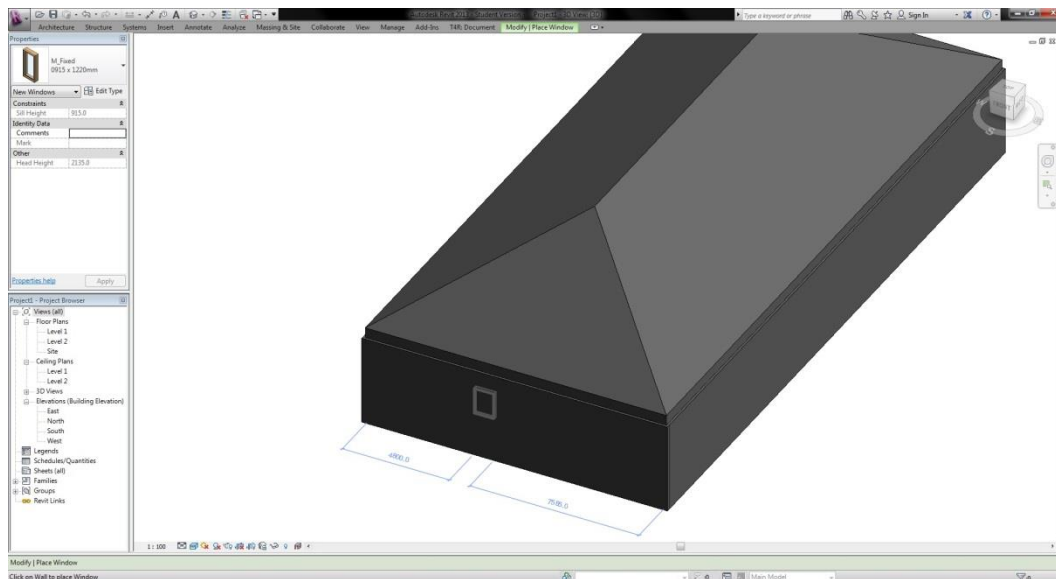


Figura 5.15 – Inserir uma janela na vista 3D

Na figura 5.15 é possível notar as distâncias da janela ao fim da parede, para uma inserção do objeto com total rigor.

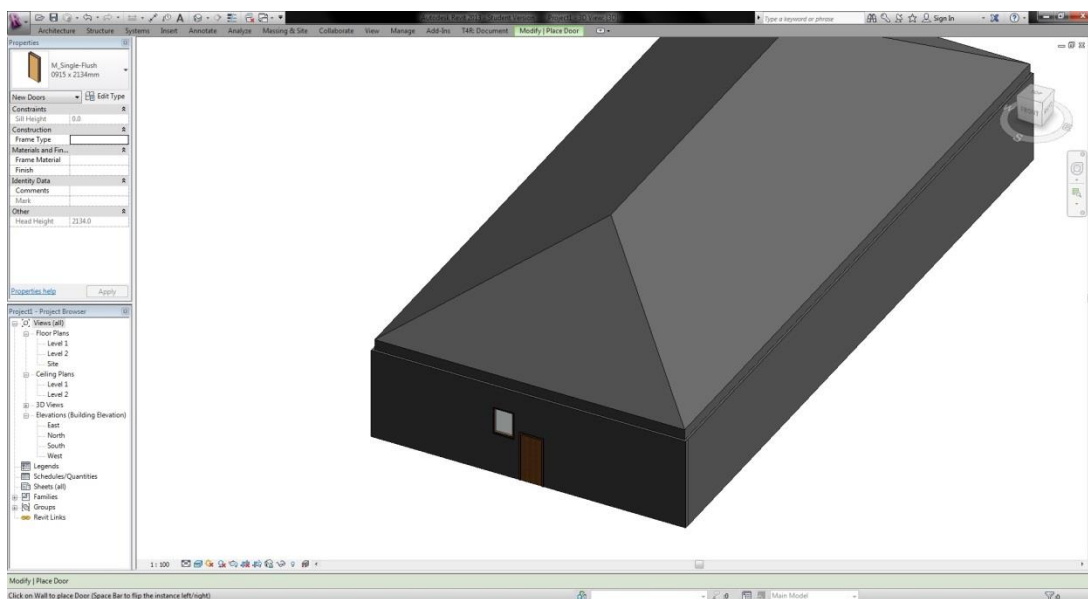


Figura 5.16 – Janela e porta inseridas no modelo em estudo

#### 5.4. LEVEL OF DETAIL (LOD)

O Nível de Detalhe, *Level of Detail* ou *Level of Development* em inglês, é exactamente o que está demonstrado na figura 5.17. De modo a poupar tempo ao fazer um *render*, é usado um menor detalhe na representação de objetos mais distantes ou menos importantes para a figura. Como outro exemplo, temos o dos programadores de jogos para computador, em que o LOD é escolhido de acordo com o *hardware* disponível, não sendo rentável desenvolver um jogo para um *hardware* que ainda não existe (David Luebke 2003).

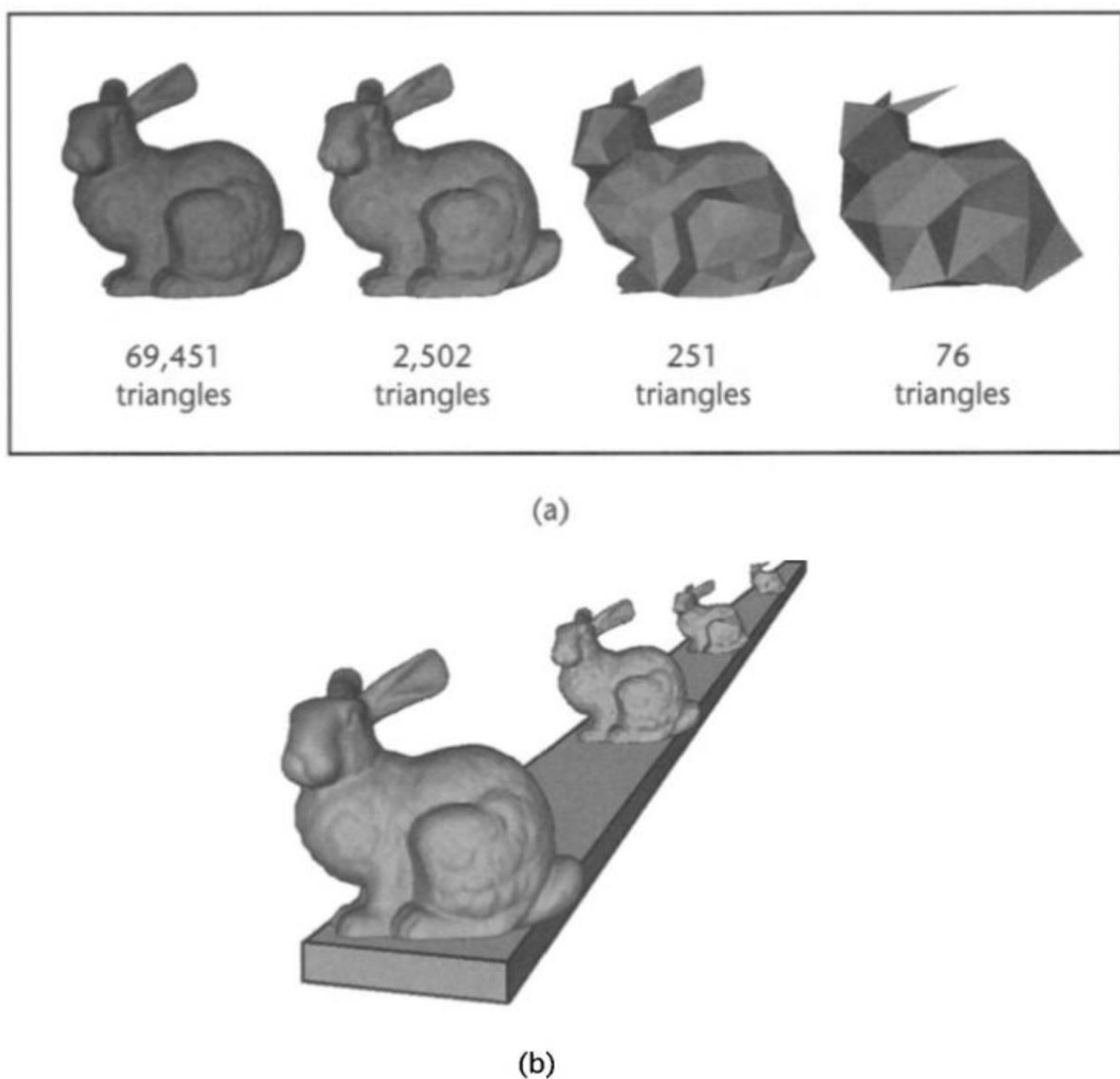


Figura 5.17 – O conceito fundamental do LOD, (a) é possível ver a complexidade de cada objeto e o seu efeito, (b) criação de diferentes níveis de detalhe pela distância do objeto ou importância do mesmo (David Luebke 2003).



No caso de um modelo BIM, põe-se o mesmo problema. O LOD de cada modelo apenas tem de respeitar o propósito e função desse modelo (David Luebke 2003). Como exemplo, temos a figura 5.18 em que, na construção do edifício central, foi necessário saber como iriam as sombras dos outros edifícios afetar a exposição solar. Para saber esta informação, com rigor, procedeu-se à construção do modelo tridimensional em que todos os edifícios à volta têm um mero detalhe geométrico, muito pouco trabalhado. O interesse deste modelo era saber como a sombra afetaria o modelo e nada mais que isso. Qualquer melhoria no LOD deste modelo, seria ineficiente (Francois Levy 2011).

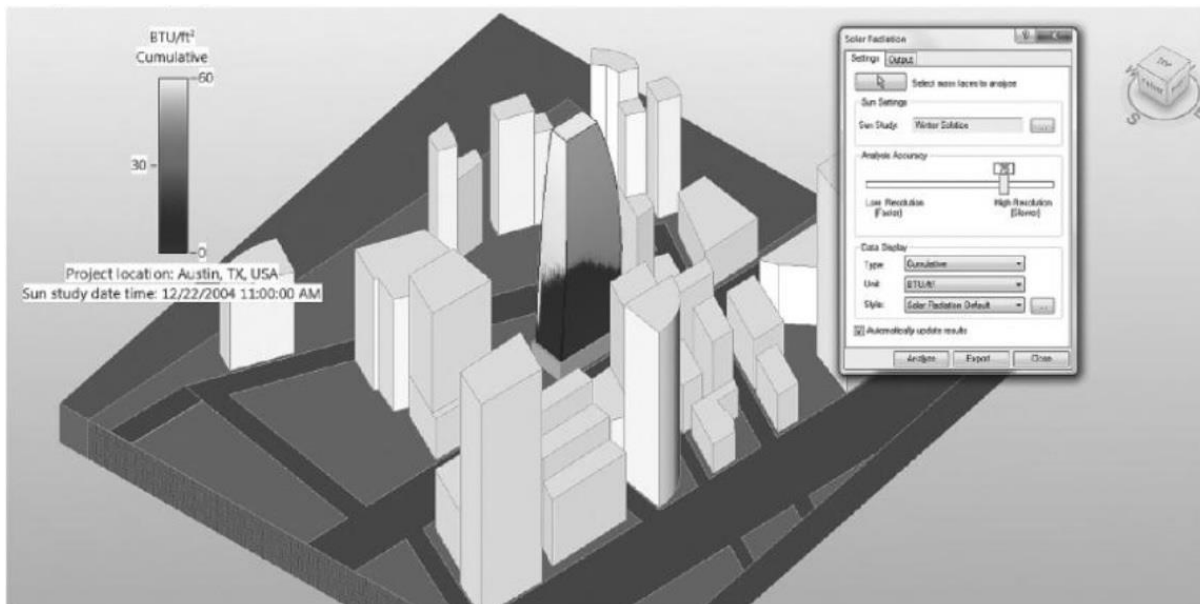


Figura 5.18 – Modelo virtual BIM para ver a exposição solar a que o novo edifício estará sujeito (Francois Levy 2011)

O LOD está referenciado neste caso à *renderização* e a modelos 3D. No entanto, a visualização 2D também tem diferentes níveis de detalhe. Na figura 5.19 é possível observar a mesma planta em duas situações distintas, uma em que existe uma divisória por cada edifício existente, e outra que apenas diferencia o espaço edificado da via pública. Estas duas plantas têm duas funções diferentes, uma poderá servir para saber a área total edificada, e a outra para saber a área de apenas um edifício (Karl-Heinrich Anders 2007).



Figura 5.19 – Nível de detalhe em duas plantas da mesma área (Karl-Heinrich Anders 2007)



### 5.5. MODELO FINAL DO HOTEL

Através da repetição das metodologias acima descritas foi possível a elaboração do modelo 3D BIM do edifício do caso de estudo. É de ressaltar, que na construção virtual do hotel o autor se deparou com alguns problemas, nomeadamente, a errada medição feita pelos técnicos responsáveis pela elaboração das plantas 2D, tendo sido obrigado a alterar distâncias de paredes ao longo de todo o edifício. Esta alteração foi efectuada no edifício do *spa*. A adulteração de distâncias torna o modelo menos rigoroso, pela diferença entre as áreas reais no hotel e as áreas no modelo virtual.

De modo a ser possível a introdução de tetos falsos no modelo, foi necessário efetuar a medição do pé direito em todas as divisões do hotel. É de notar que esta altura varia ao longo do modelo.

Esta modelação foi elaborada com o propósito de inserir um modelo de gestão de edifícios, especialmente vocacionado para a manutenção de instalações. De modo a cumprir este objectivo, o detalhe deste modelo foi propositadamente mantido baixo (LOD baixo), de modo a ser de fácil consulta ou alteração, sendo o detalhe do modelo exclusivamente arquitetónico. Contudo, a qualquer altura, se for necessário inserir informação de qualquer tipo, por exemplo estrutural, ou sistemas AVAC, é possível, pelo facto de qualquer modelo BIM ser dinâmico. Nas Figuras 5.20, 5.21 e 5.22 é possível observar o modelo tridimensional em questão e é de notar as semelhanças entre o modelo virtual e o modelo real, como seria de esperar (figuras 5.1, 5.2 e 5.3).



Figura 5.20 – Fachada principal do hotel, Edifício 1



Figura 5.21 – Edifício do hotel e spa

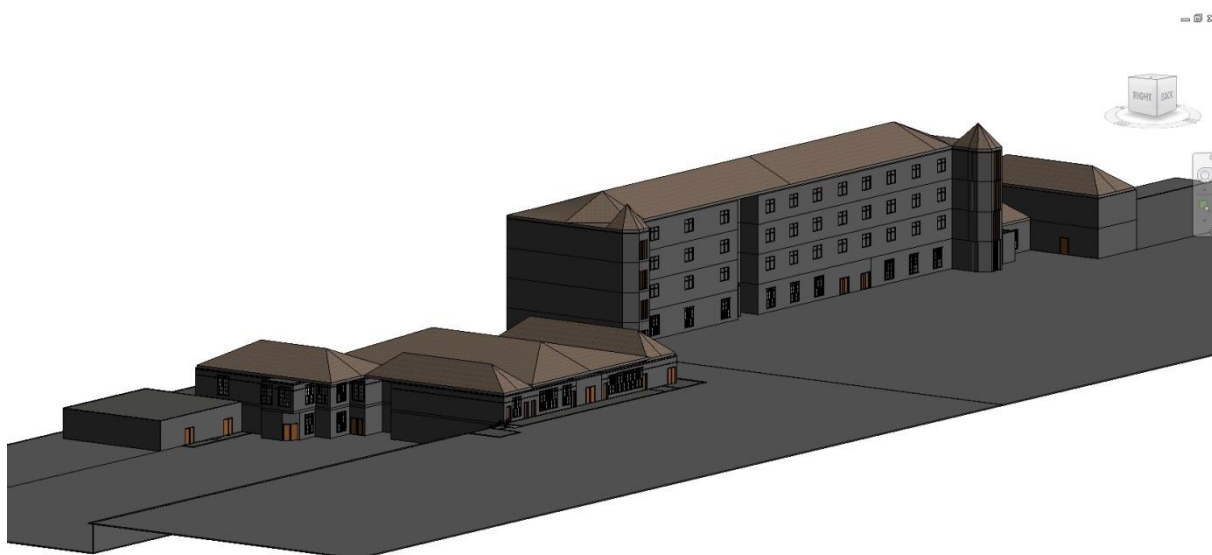


Figura 5.22 – Fachada principal do hotel e spa

## 5.6. PLANO DE MANUTENÇÃO

### 5.6.1. INTRODUÇÃO

A idade do edifício e a ausência de uma rotina de manutenção preventiva, até muito recentemente, levaram ao aparecimento de diversas patologias não só construtivas mas também nos equipamentos eletromecânicos de todo o hotel. Por forma a desacelerar a degradação do hotel, a organização contratou uma empresa responsável por elaborar um plano de manutenção preventiva de todos os equipamentos eletromecânicos das instalações. Este procedimento foi composto por um primeiro levantamento geral do equipamento e posterior organização documental, inexistente até à data.

Por forma a organizar, e documentar futuras manutenções ou incursões de equipamentos, foi desenvolvida uma aplicação web que poderá ter conexão com o modelo BIM, de modo a tornar o controlo deste tipo de atividade mais simples.

### 5.6.2. PATOLOGIAS DO HOTEL

A construção do edifício principal do hotel do Caramulo, como mencionado acima, remonta ao ano de 1921, sendo natural que a função dos materiais utilizados já não seja a mesma do início da construção. As patologias registadas foram a nível construtivo e a nível de equipamentos mecânicos, muito devido à não aplicação de um plano de manutenção preventiva. No entanto, é necessário apontar que os equipamentos mecânicos são bastante mais recentes que o edifício em si.

Neste subcapítulo são demonstrados alguns dos problemas construtivos e mecânicos do edifício.

Na figura 5.23 é possível observar uma infiltração proveniente da piscina do spa para o ginásio.



Figura 5.23 – Infiltração da piscina activa do spa para o ginásio



Figura 5.24 – Infiltração num corredor de acesso do hotel

Na figura 5.24 é observável o mau estado do teto e parede de um corredor de acesso do hotel. Este corredor faz parte de uma das duas torres e está abaixo do nível do solo.



Figura 5.25 – Infiltração no teto da piscina interior





Figura 5.26 – Infiltração no teto da piscina interior

Nas figuras 5.25 e 5.26 observa-se a infiltração proveniente da construção da cobertura. Esta cobertura é feita com placas de fibra de vidro. Durante o inverno ocorre formação de neve e esta cobertura de pouca resistência fica sujeita à solicitação deste peso.

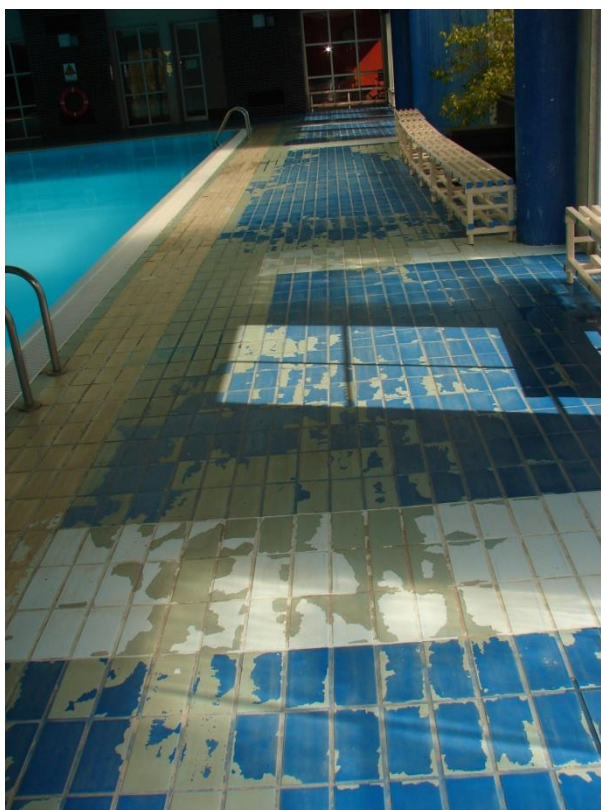


Figura 5.27 – Pavimento circundante à piscina

Devido à utilização de uma pintura desadequada, sujeita a um ambiente com presença de cloro e condições higrotérmicas exigentes, o pavimento circundante à piscina está bastante gasto como é

possível observar na figura 5.27. Outro pormenor, é a tela da piscina que já não é rugosa e sim lisa, devido à grande utilização.



Figura 5.28 – Fissuras em várias paredes do hotel



Figura 5.29 – Fissuras em várias paredes do hotel

Em todo o hotel é facilmente verificável a existência de inúmeras fissuras nas paredes como mostram as figuras 5.28 e 5.29.

Apesar de ser possível prever patologias construtivas, não tem sentido aplicar um plano de manutenção preventiva, sendo necessário mitigá-las quando aparecem. Relativamente aos equipamentos electromecânicos, é necessário aplicar um PMP. As rotinas de manutenção permitem prolongar a vida útil dos equipamentos, em condições de funcionamento ideais.



Figura 5.30- Casa das caldeiras do hotel

Na figura 5.30 é possível observar a casa das caldeiras do hotel, mas nesta visita em nenhum dos equipamentos foi observada alguma patologia visível. No entanto o depósito da figura 5.30 não estava em funcionamento devido a avaria.

Os equipamentos mecânicos do hotel apesar de apresentarem menores patologias visíveis, são os que mais afetam o funcionamento das instalações. De forma a prevenir a avaria destes equipamentos foi pensada a criação de uma aplicação de auxílio às rotinas de MP já implementadas no hotel, que é explorada no próximo subcapítulo.

## 5.7. OBJETIVOS DA APLICAÇÃO WEB MOBILE

O desenvolvimento desta aplicação foi pensado de modo a responder às necessidades, tanto do gestor de instalações, como da equipa de manutenção de equipamentos, através de uma simples interação com um *website* optimizado para dispositivos móveis.

Com o intuito de tornar a rotina de manutenção do hotel mais eficiente, a aplicação foi desenhada para responder aos seguintes problemas:

- Organização em formato digital de toda a informação relativa a um equipamento e suas manutenções;
- Planeamento de manutenções de acordo com o PMP existente;

- Permitir que o gestor de instalações e o operador, consigam aceder a toda a informação que necessitam, mesmo que não estejam no hotel;

Conseguindo implementar este sistema no hotel, será possível ao departamento de gestão de instalações um maior controlo e organização no que toca à manutenção. Em relação ao operador, este conseguirá, através desta ferramenta, aceder à informação dos equipamentos e suas rotinas à distância de um “click”.

#### 5.7.1. APLICAÇÃO WEB MOBILE

De modo a responder aos objetivos acima descritos, foi necessário planear o modo de construção desta aplicação para que fosse de simples utilização mas que ao mesmo tempo, fornecesse toda a informação necessária para que a equipa de manutenção se sentisse apoiada nas suas tarefas diárias.

A base de dados, tem por base de funcionamento a ligação entre três tabelas com diferentes relações. É possível fazer a analogia entre o seu funcionamento(ver a tabela 5.1 e a figura 5.31). As relações existentes na configuração da base de dados são:

- Projeto **tem vários** Itens;
- Item **tem várias** Manutenções;
- Manutenção **pertence** a Item;
- Item **pertence** a Projeto.

Deste modo, é caracterizado o funcionamento destas três tabelas, permitindo o correto acesso a cada tabela e ao referido tratamento de dados.

Tabela 5.1 – Tabela ilustrativa do funcionamento da base de dados

Projetos	Itens	Manutenções
1	1	1
		2
		3
	2	1
		2
		3
	3	1
		2
		3
2	1	1
		2
		3
	2	1
		2
		3
	3	1
		2
		3



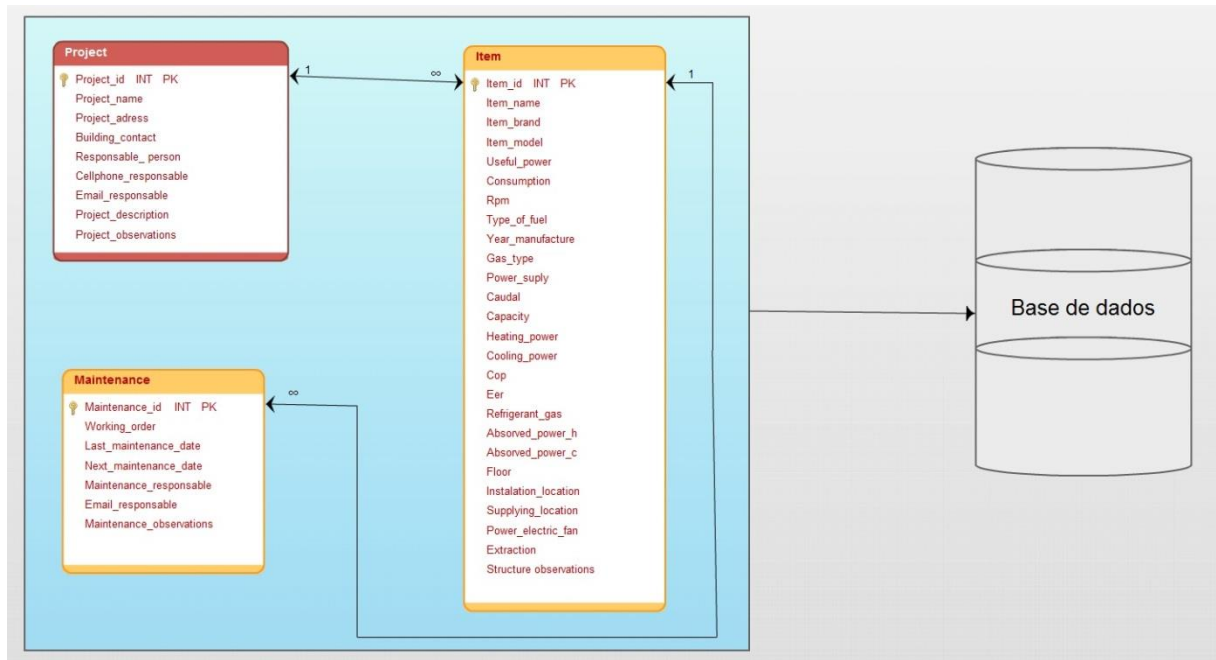


Figura 5.31 – Esquema funcional da base de dados

#### 5.7.1.1. Projeto

O Projeto é a principal entidade desta base de dados, sendo criado em primeiro lugar. No formulário desta tabela estão disponíveis os seguintes campos necessários à correta caracterização do Projeto:

- Nome do Projeto;
- Morada;
- Contacto do Edifício;
- Pessoa Responsável;
- Telefone do Responsável;
- *E-mail* do Responsável;
- Descrição;
- Observações.

Depois de inseridos estes dados, é possível o seu acesso através da edição do formulário ou do *download* de um PDF com a informação inserida. Existe também a opção de apagar o projeto, apagando todos os itens contidos no mesmo e as manutenções pertencentes aos itens.

Aquando da geração do PDF, são impressas nesse documento todas as informações, de todos os itens pertencentes a esse projeto. Nas figuras 5.32, 5.33 e 5.34 é possível observar as fases mencionadas acima, de edição e geração de PDF do projeto em questão.

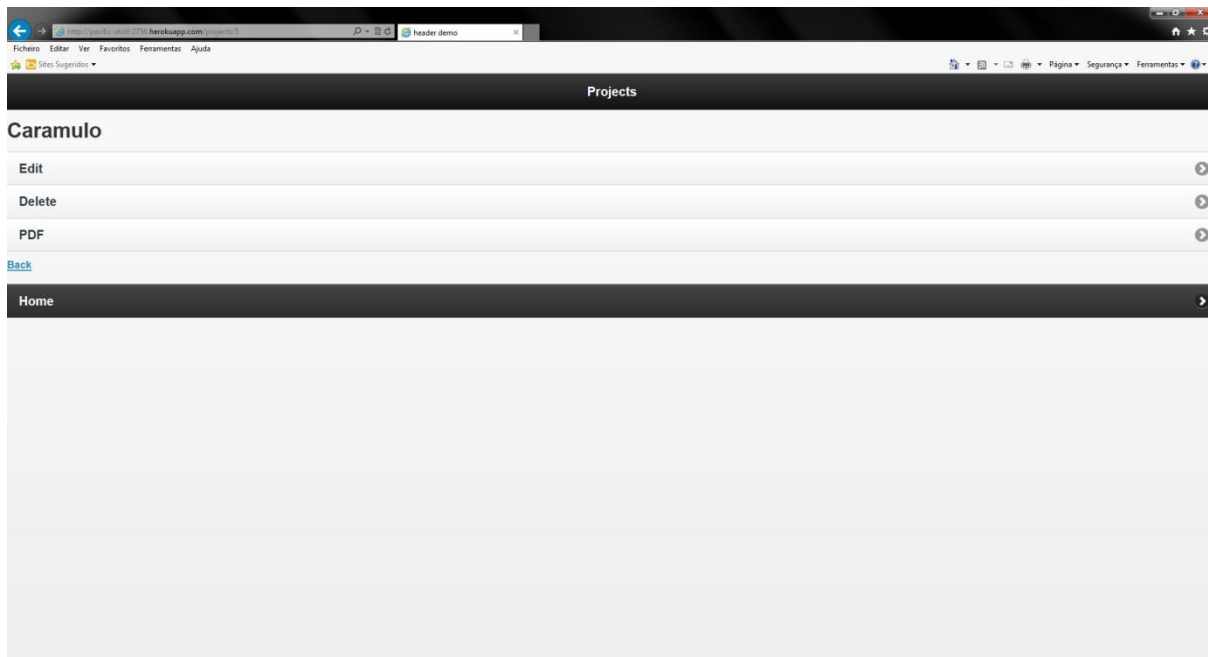


Figura 5.32 – Opções referentes ao projeto Caramulo

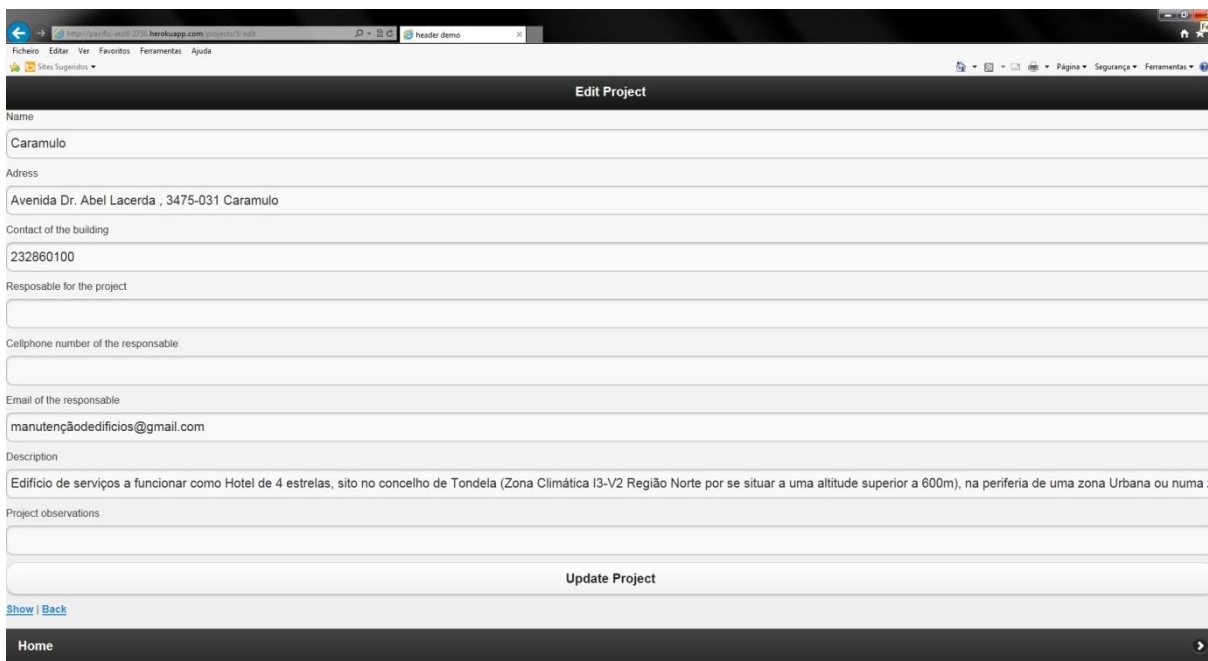


Figura 5.33 – Vista de edição da caracterização do projeto Caramulo

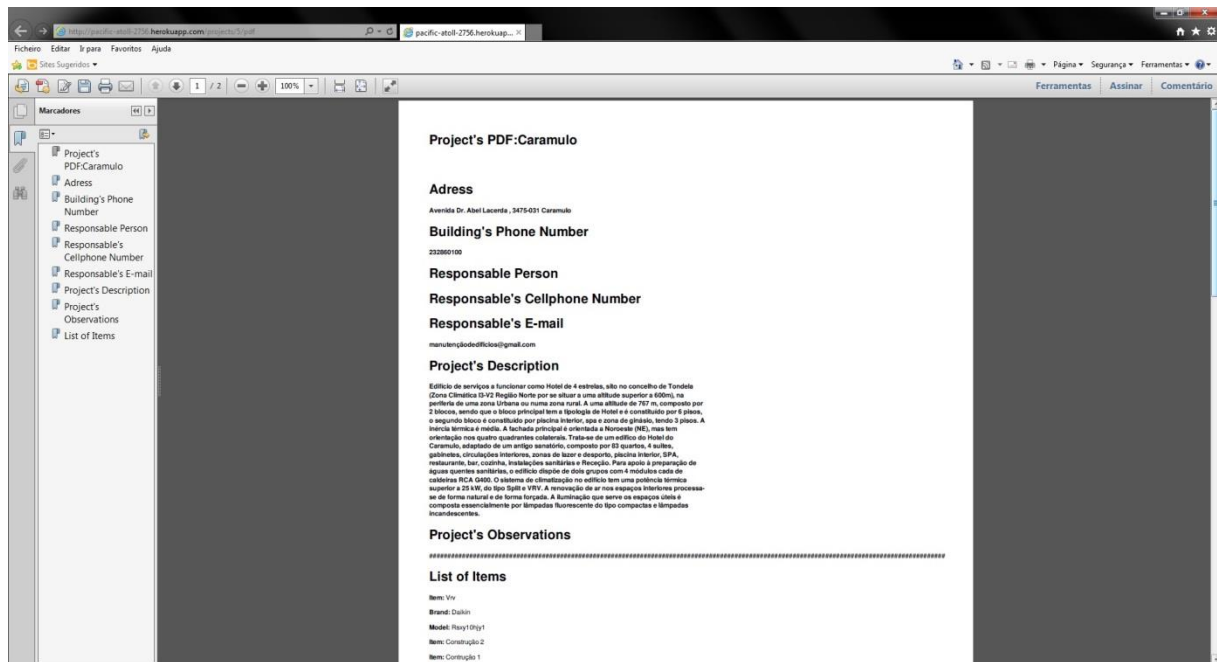


Figura 5.34 – Vista do PDF do projeto Caramulo

#### 5.7.1.2. Itens

Cada Projeto pode conter um número ilimitado de itens, itens esses que serão os objetos que necessitarão de manutenção. De forma semelhante à vista de projectos, é possível editar, apagar e gerar um PDF de um só item. Se pretendermos a informação de todos os itens, será necessário gerar um PDF de projeto, como o da figura 5.34.

Na elaboração do formulário relativo aos itens foram criados os seguintes campos:

- Item;
- Marca;
- Modelo;
- Potencia Útil;
- Consumo;
- RPM;
- Tipo de Combustível;
- Ano de Fabrico;
- Tipo de Gás;
- Tipo de fonte de alimentação;
- Caudal;
- Capacidade;
- Potência de aquecimento;
- Potência de arrefecimento;

- COP;
- EER;
- Gás Refrigerante;
- Potencia eléctrica absorvida H;
- Potencia eléctrica absorvida C;
- Andar;
- Local de instalação;
- Local de abastecimento;
- Potência eléctrica do ventilador;
- Extracção;
- Observações.

Estes campos foram criados de modo a coincidirem com a informação de que a equipa de manutenção necessita para levar a cabo o seu plano de manutenção. Quando o PDF de um item é gerado, apenas aparecem os dados preenchidos pelo operador, pois estes dados não são preenchíveis para todos os itens do hotel.

A aplicação em questão já se encontra *online* no endereço: <http://pacific-atoll-2756.herokuapp.com/>

#### 5.7.1.3. Manutenções

As manutenções são relativas aos itens presentes no projeto e, como já visto acima, um item pode conter vários registos de manutenções. No entanto, a tabela manutenções é ligeiramente diferente da tabela itens, sendo que esta apenas apresenta a vista de edição. Os campos do seu formulário são impressos no PDF do item que lhe pertence. Para uma correta caracterização da manutenção foram criados os seguintes campos:

- Funcionamento (funcional/não funcional);
- Data da última manutenção;
- Data da próxima manutenção;
- Responsável pela manutenção;
- *E-mail* do responsável;
- Telefone do responsável;
- Observações.

Depois de preenchidos, estes campos aparecerão no PDF do item a que pertencem, para que o operador e o gestor de instalações saibam como se encontra o objeto em questão. Outra particularidade, é o caso de determinado item não estar em funcionamento, em que o operador escolhe a opção “*not working*” e faz *update*. A aplicação enviará um *e-mail* para o endereço que está no campo “*e-mail* do responsável” a informar que aquele equipamento não está a funcionar e que requer a atenção de um técnico.

### 5.7.2. CÓDIGOS QR

O código QR é um sistema similar aos códigos de barras inicialmente inventado para a indústria automóvel, por uma subsidiária da *Toyota*. O objectivo desta tecnologia é obter informações sobre cada veículo, em qualquer parte do processo da sua montagem, pela sua rápida leitura e através de qualquer camara. Hoje em dia, é possível observar códigos QR desde um produto alimentar, uma peça de roupa ou um *outdoor* na via pública. A grande proliferação destes códigos deve-se à sua fácil e rápida leitura, através de qualquer dispositivo que integre uma camara fotográfica e ligação à internet (Luís Martins 2011).

Com o auxílio desta tecnologia, surgiu a ideia de ligar os endereços electrónicos em que a base de dados actua a estas imagens e inseri-las nos equipamentos a que pertencem. Desta forma, é permitido ao operador um acesso ainda mais rápido às informações que pretende. Como exemplo na figura 5.35 está um QR com ligação a um dos equipamentos do hotel. Esta imagem estando colada ao equipamento em questão, permite ter acesso a toda a informação presente no formulário do item e manutenções.



Figura 5.35 – QR code com ligação à vista de edição de uma UTA do hotel

Para a geração destes códigos QR, foi necessária a utilização de uma ferramenta *online* criada pela *Google*, o *Google URL Shortener*. Esta ferramenta permite gerir os códigos QR gerados através de uma conta *Google*. Na figura 5.36, é possível visualizar os links com acesso à aplicação online, que já estão inseridos no hotel do Caramulo. Cada *link* tem associado a si um código QR.

The screenshot shows the Google URL Shortener web application. At the top, there is a search bar and navigation links. Below, a form allows users to paste a long URL and click the 'Shorten URL' button. A table below displays a list of shortened URLs with their creation dates and click counts.

LONG URL	CREATED	SHORT URL	CLICKS
<a href="#">pacific-atoll-2756 herokuapp...</a>	29 minute ago	<a href="#">goo.gl/fxP6uJ</a>	1
<a href="#">pacific-atoll-2756 herokuapp...</a>	2013 Dec 9	<a href="#">goo.gl/JohQW</a>	3
<a href="#">pacific-atoll-2756 herokuapp...</a>	2013 Dec 9	<a href="#">goo.gl/NPQAdn</a>	1
<a href="#">pacific-atoll-2756 herokuapp...</a>	2013 Dec 9	<a href="#">goo.gl/evq58w</a>	2
<a href="#">pacific-atoll-2756 herokuapp...</a>	2013 Dec 9	<a href="#">goo.gl/kjnlho</a>	0
<a href="#">pacific-atoll-2756 herokuapp...</a>	2013 Dec 9	<a href="#">goo.gl/bk30wB</a>	2
<a href="#">pacific-atoll-2756 herokuapp...</a>	2013 Dec 9	<a href="#">goo.gl/tXCkmd</a>	2
<a href="#">pacific-atoll-2756 herokuapp...</a>	2013 Dec 9	<a href="#">goo.gl/9mvTyA</a>	2

Figura 5.36 – Google URL Shortener

Através deste gestor de URLs é ainda possível saber que browser, sistema operativo e em que País foi acedido cada link (figura 5.37). É possível também saber a data de criação de cada código QR.

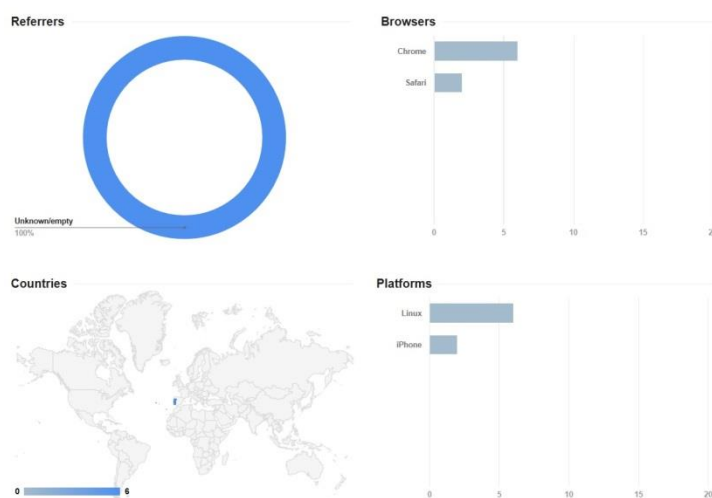


Figura 5.37 – Gestor de códigos QR do Google

Esta ferramenta do Google permite controlar, organizar e manter estes *links*, dos vários equipamentos do hotel.

#### 5.7.2.1. Dispositivos Móveis

Este tipo de funcionamento entre o operador e a informação só trará mais-valias, se for possível a utilização de um dispositivo móvel, permitindo ao técnico de manutenção que este não necessite de transportar os manuais de cada equipamento em que necessita fazer a manutenção. Dispositivo este, que necessita de conexão à internet, o que hoje em dia é perfeitamente normal. De modo a comprovar o funcionamento da aplicação, esta foi testada em diferentes dispositivos: um computador portátil um *tablet* e um telemóvel. (figuras 5.38,5.39,5.40)

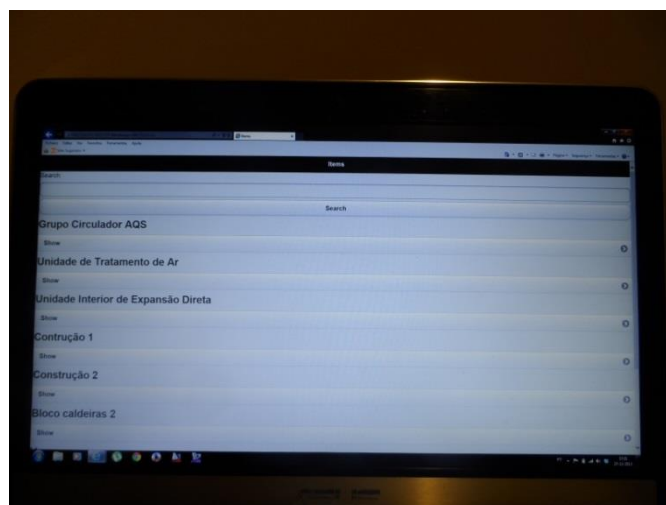


Figura 5.38 – Computador portátil a aceder à aplicação *online*

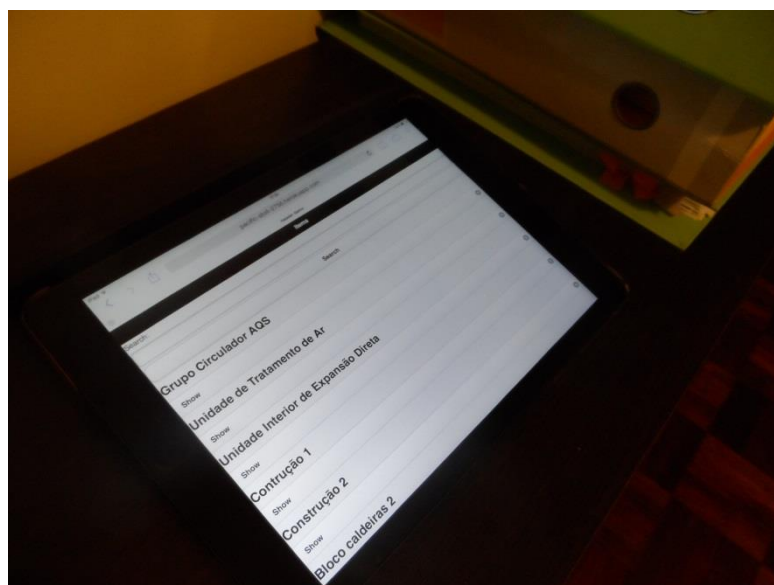


Figura 5.39 – Tablet a aceder à aplicação *online*

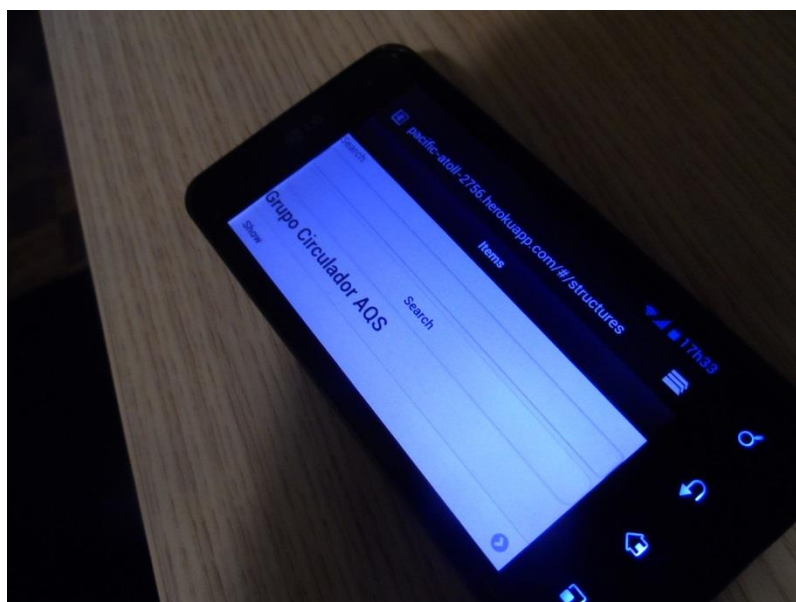


Figura 5.40 – Telemóvel a aceder à aplicação *online*

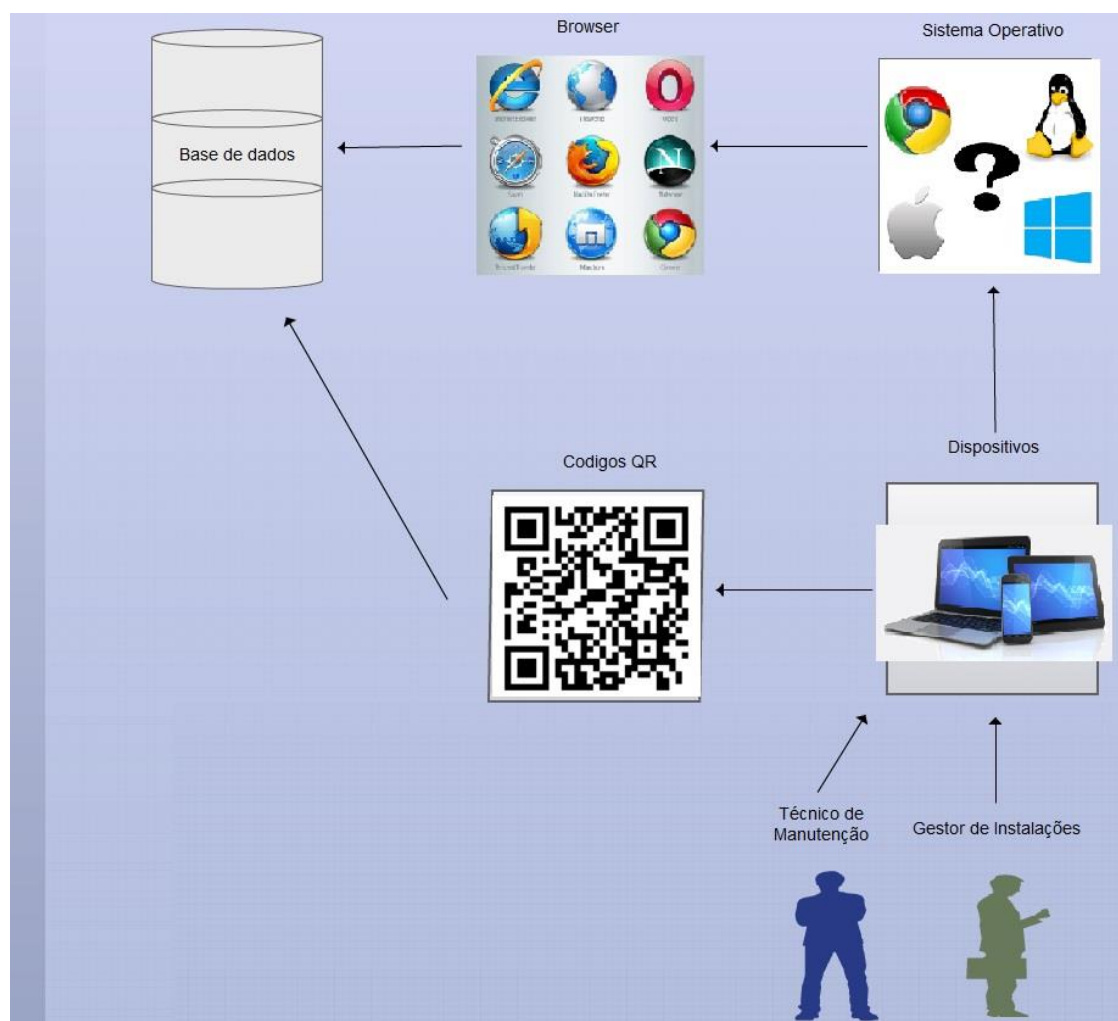


Figura 5.41 – Formas de aceder à base de dados

A figura 5.41 representa o processo de acesso à base de dados. Através deste esquema é possível entender como funciona a ligação entre operadores e a aplicação *web mobile*.

Esta aplicação, além de ter a versatilidade de ser acessível, quer de dispositivos móveis, quer de dispositivos fixos, é ainda compatível com qualquer sistema operativo. Outra vantagem é o grafismo da aplicação ser igual em qualquer equipamento ou sistema operativo que o aceda. Deste modo, torna a experiência de utilização da aplicação mais familiar, por não ser necessária uma adaptação por parte do operador, cada vez que muda de dispositivo.

### 5.7.3. TESTE PILOTO

#### 5.7.3.1. Ligação 3D BIM – Aplicação web mobile

De modo a que o gestor de instalações aceda aos registos de manutenção de forma simples, foi criada uma ligação entre o modelo tridimensional BIM e a aplicação web mobile.



Na figura 5.42 é possível observar um objecto a ser colocado no modelo BIM. Este objecto é a representação da caldeira que existe no hotel.

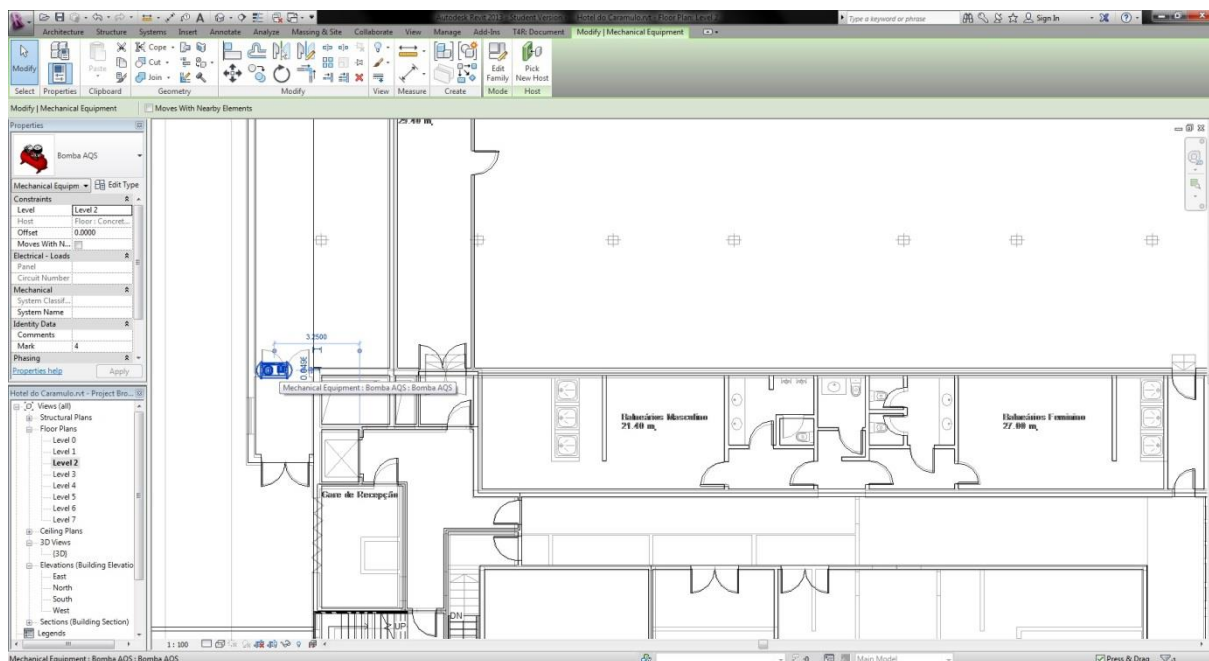


Figura 5.42 – Caldeira colocada no modelo BIM através do Revit

Ao editar o objecto é possível preencher alguns campos, nomeadamente, o campo de URL(figura 5.43), que permite inserir um endereço electrónico. Neste campo foi inserido o URL do PDF do equipamento em questão.

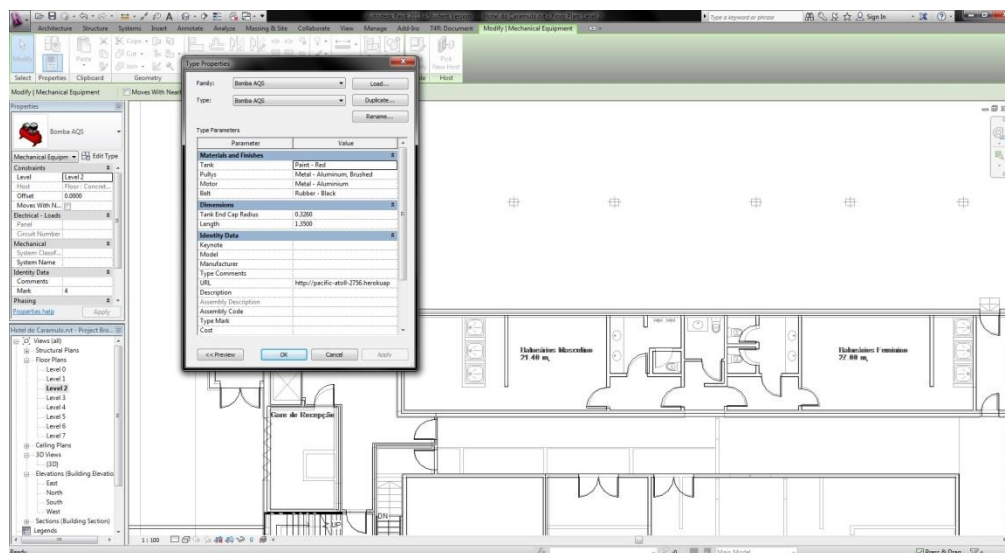


Figura 5.43 – Opções de edição de um objecto

Após colocação do *link* no campo pretendido, é possível acedê-lo ao clicar no objecto marcado a vermelho na figura 5.44. Esta acção abrirá um browser e o PDF respectivo ao objecto em questão.

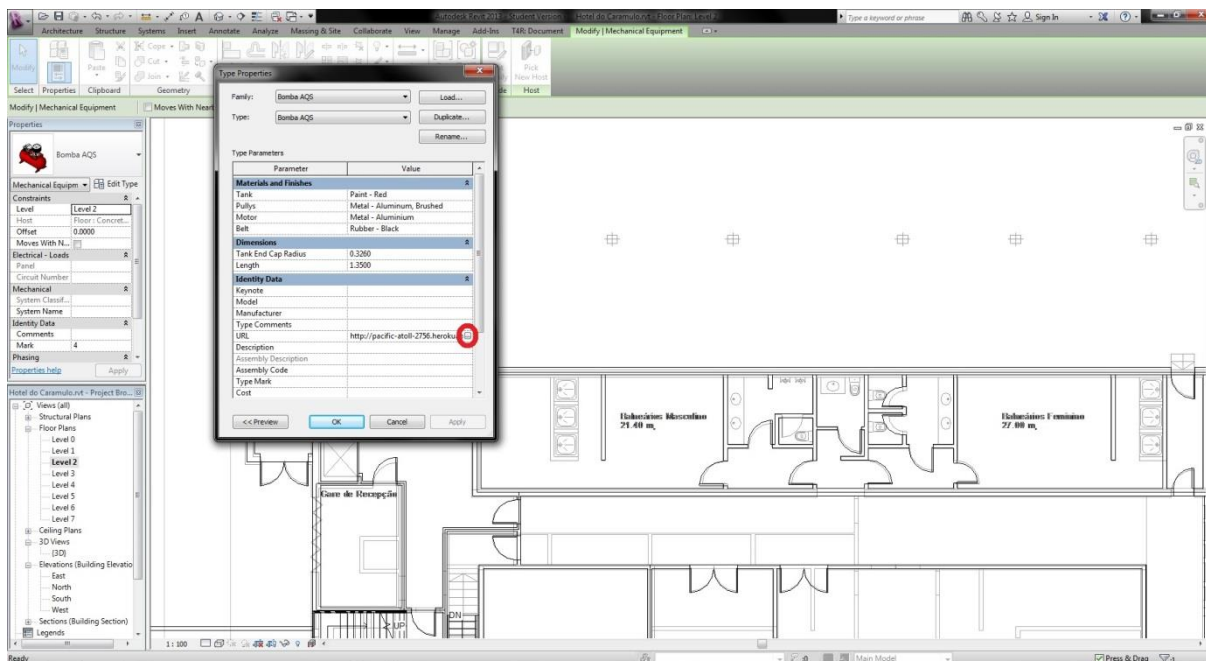


Figura 5.44 – Link do PDF da caldeira

Ao executar esta acção, abrirá a vista PDF na figura 5.45.

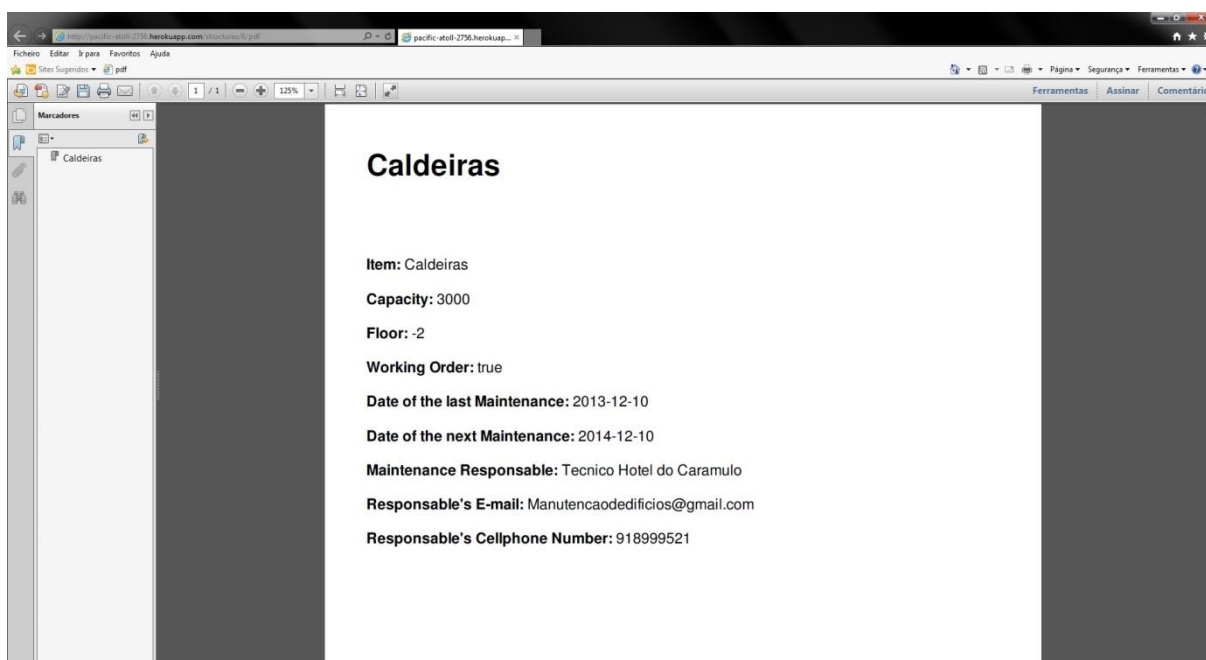


Figura 5.45 – PDF da caldeira

Desta forma, o gestor de instalações consegue ter uma percepção visual de todos os equipamentos do hotel e aceder a todas as suas informações de forma rápida e simples. Este sistema é mais vantajoso que a consulta desta informação através de papel. Através desta ligação entre o Revit e a aplicação, o gestor tem um maior controlo sobre o estado dos equipamentos da instalação.

#### 5.7.3.2. Dispositivos móveis

Como forma de comprovar o correto funcionamento da aplicação, foram inseridos em alguns equipamentos do hotel códigos QR, como teste piloto.



Figura 5.46 – Inserção do código QR no filtro de areia da piscina

Na figura 5.46 é possível observar dois códigos QR num mesmo elemento. A colocação de dois códigos foi pensada de forma a facilitar o acesso à base de dados por parte do operador. Cada código QR tem associado um *link*. Neste caso o código da esquerda tem associado a opção “Editar”, para que permita uma edição dos vários campos do “Item”, e o link da direita tem associado o PDF com a informação sobre o item e a sua manutenção. Neste caso trata-se do PDF do filtro de areia.

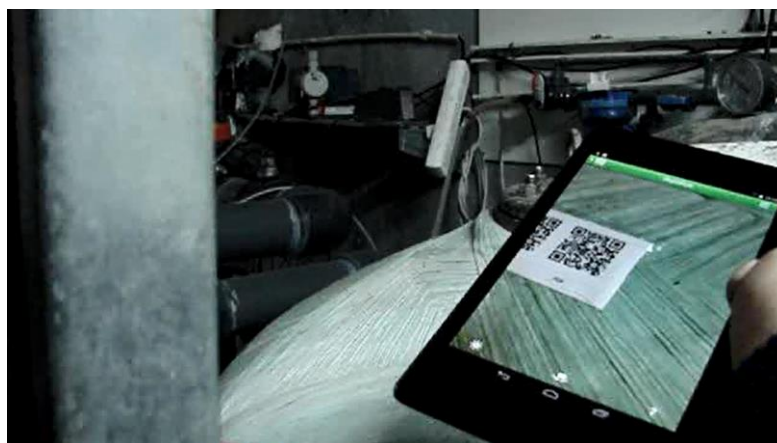


Figura 5.47 – Leitura de um código QR através de um dispositivo móvel.

A seguir à leitura do código (figura 5.47), o dispositivo abrirá a página web com o correspondente *link*, e mostrará o PDF ou o menu de edição do equipamento em questão.

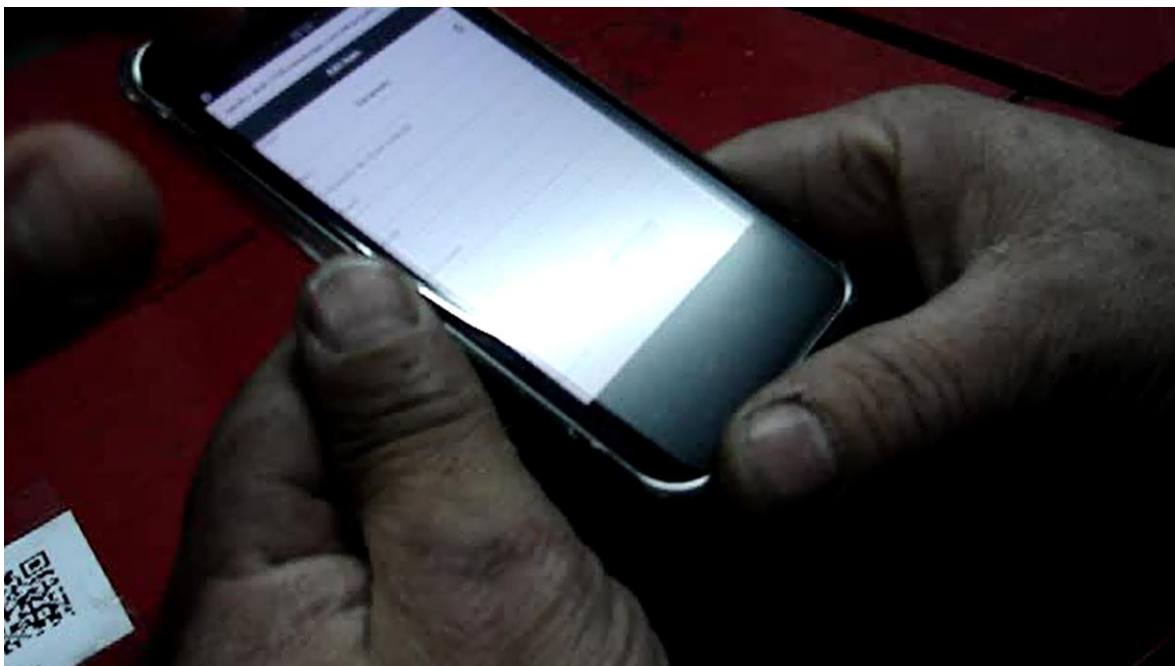


Figura 5.48 – Leitura de um código QR noutra equipamento e com outro dispositivo móvel

O funcionamento da base de dados foi ainda testado por outro dispositivo móvel como indica a figura 5.48, desta vez na casa das caldeiras.

#### 5.7.4. CONCLUSÃO

O presente caso de estudo permitiu a junção de três áreas, que embora sejam diferentes, têm muito em comum. Esta integração entre o *Building Information Modeling*, o *Facility Management* e a criação e modelação de uma base de dados, permitem neste exemplo real, que a manutenção esteja em primeiro plano na gestão de uma instalação. Sem o correto funcionamento dos equipamentos, não é possível a organização exercer as suas funções, neste caso, funções hoteleiras.

Neste teste piloto foi também posto à prova se o sistema é suficientemente simples para uma utilização quotidiana. Neste caso, o técnico de manutenção do hotel do Caramulo nunca tinha tido contacto com a aplicação e conseguiu perceber o seu funcionamento em menos de 15 minutos, mesmo não tendo conhecimentos sobre como operar os dispositivos móveis apresentados. No final do teste, é de ressaltar que o técnico concordou que a aplicação seria uma ferramenta útil para o armazenamento de informações relativas à manutenção e o ajudaria, no caso de querer saber de que modelo ou marca é determinado equipamento.

Na aplicação deste sistema foi notado um problema, nomeadamente relativo à cobertura de rede. Quando não existe internet, quer via *wireless*, quer através de redes móveis a aplicação deixa de ser acessível, e em alguns pontos do hotel isto era verificado deixando o técnico sem acesso à informação. Como forma de colmatar este problema, é necessário garantir que existe sinal *wifi* no local onde os equipamentos se situam, ou criar uma aplicação nativa para os dispositivos móveis o que no entanto iria alterar a versatilidade do sistema.

A ligação BIM com a base de dados embora seja ténue, permite principalmente ao gestor de instalações controlar cada equipamento do ponto de vista gráfico, já que o controlo técnico é-lhe

facultado pela base de dados. Este modelo BIM permite ainda fazer uma correta gestão do espaço do hotel.

Através da confluência destas três áreas foi possível construir uma ferramenta simples e útil, que permite que a gestão e a manutenção do hotel se tornem tarefas mais simples e eficientes.



# 6

## CONCLUSÃO

### 6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito deste trabalho foi a criação de um sistema de manutenção, que responda às necessidades de um qualquer edifício através de um modelo BIM. Foi integrado neste trabalho um caso real, e feita a aplicação da ferramenta como prova de conceito.

Após introdução deste sistema na unidade hoteleira e testadas as suas capacidades, é possível concluir que a sua criação serviu o seu propósito. Esta aplicação permitiu responder às necessidades de funcionamento verificadas nas instalações, às necessidades do técnico de manutenção, que agora tem acesso a todas as informações dos equipamentos em formato digital, e às necessidades do gestor de instalações, pois possui uma ferramenta de controlo e fiscalização de manutenção.

A criação desta aplicação web tem como principais vantagens:

- Ser funcional em todos os sistemas operativos e *browsers*, ou seja, qualquer dispositivo com capacidade de navegar na internet pode ser usado para aceder à aplicação;
- Tem uma interface bastante simples, sendo fácil adaptar-se à sua utilização;
- Acessível através de códigos QR;
- Envio de notificações em caso de não funcionamento de equipamento, inserido pelo operador;
- A informação de todos os elementos de manutenção está normalizada;
- Criação de PDFs sobre elementos individuais ou do projeto global.

Este sistema tem ainda a particularidade de guardar toda a base de dados *online*, prevenindo que esta seja apagada ou danificada num servidor, como é verificado em diversas organizações.

Por parte da organização, sentiu-se que ficaram agradados com o sistema e pretendem inseri-lo nas suas rotinas de manutenção, de modo a melhorar o funcionamento do hotel e a sistematizar processos. Será no entanto, necessário um investimento no *hardware* e na actualização da base de dados, para que a aplicação venha a ser implementada.

Em suma, o sistema elaborado permite auxiliar o departamento de gestão de instalações, através de um maior controlo do estado dos equipamentos e permite um mais fácil acesso à informação por parte do técnico responsável pela manutenção.

## 6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A gestão de instalações é uma área profissional relativamente jovem, quando comparada com outras áreas da indústria AEC. Acompanhando-a, está o desenvolvimento de *softwares* que facilitem e aumentem a eficiência desta atividade. É nesse sentido que o autor considera que este sistema pode evoluir e crescer.

Na aplicação desenvolvida, o autor considera que deverá ser introduzida uma ferramenta de *upload* de ficheiros, tanto de documentos como de imagens relevantes para a manutenção dos equipamentos e a inserção de um plano automático de manutenção. Neste plano, o *software* enviaria notificações relativas a datas programadas para manutenção ou inspeção. A criação de uma aplicação nativa é também uma solução a explorar. No entanto, não é possível garantir que funcione tão bem como a aplicação *web mobile*.

Estes seriam os principais desenvolvimentos nesta aplicação, contudo, é possível criar outras aplicações como as demonstradas no capítulo 3, de modo a suportar a gestão de instalações. Estas aplicações devem ser modulares para uma melhor adaptação a cada organização, daí apenas referenciar as alterações acima. Esta é uma aplicação criada especificamente para suportar a manutenção das instalações do hotel do Caramulo.



## BIBLIOGRAFIA

- Ali Touran. 2003. "Calculation of contingency in construction projects." Accessed 28/9/2013.
- Arcat. BIM objects. <http://www.arcat.com/>.
- ArchiWizzard. "The digital Model ". Accessed 23/9/2013. <http://www.archiwizzard.fr/en/bim>.
- Audrey Schultz, Ubon Martin Essiet, Diego Vinicius Souza de Souza, Georgios Kapogiannis, Les Ruddock. 2013. "The Economics of BIM and added Value of BIM to the Construction Sector and Society." Accessed 20/11/2013.
- CEN. 2007. Normalização da Manutenção de Equipamentos, NP EN 13306:2007
- CEN/BSI. "Facilities Management Introduction". Accessed 5/11/2013. <http://www.bifm.org.uk/bifm/about/facilities>.
- Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston. 2008. *BIM Handbook*. Second ed.
- Construction Clients Forum. 1997. "'60% of Clients Dissatisfied." Accessed 14/11/2013.
- David Bryde, Martí Broquetas, Jürgen Marc Volm. 2012. "The project benefits of Building Information Modelling (BIM)." Accessed 14/10/2013.
- David Cotts, Kathy Roper, Richard Payant. 2010. *The Facility Management Handbook*. Third ed.
- David Luebke, Martin Reddy, Jonathan Cohen. 2003. *Level of Detail for 3D Graphics*.
- Eddy Krygiel, Brad Nies. 2008. "Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling." Accessed 17/10/2013.
- Face\_Oculta\_de\_Portugal. "Sanatórios do Caramulo". Accessed 28/11/2013. <https://sites.google.com/site/faceocultadeportugal/centro/sanatorios-do-caramulo>.
- FacilityCAD. 2013. "FacilityCAD". Accessed 21/12/2013. <http://www.softwareadvice.com/cafm/facilicad-profile/>.
- FacilityDude. 2013. "MaintenanceEdge by FacilityDude". Accessed 20/12/2013. <http://www.softwareadvice.com/cafm/maintenanceedge-profile/>.
- FMX. 2013. "Facility Management X (FMX)". Accessed 8/11/2013. <https://www.desfmx.com/features>.
- Francois Levy. 2011. *BIM in Small-Scale Sustainable Design*.
- Frank Booty. 2009. *Facilities Management Handbook*. Fourth ed.
- HippoFM. 2013. "HippoFM". Accessed 13/12/2013. <http://www.softwareadvice.com/cafm/hippofm-software-facilities-management-profile/>.
- IBS. 2011. "Why BIM". Accessed 10/9/2013. <http://ibimsolutions.com/bim/>.
- José Oliveira. 2012. "Useful Approaches to BIM for Renovation Projects". Accessed 20/9/2013. <http://www.architecturevangelist.com/building-information-modeling/taking-bim-to-the-boardroom-for-renovating-the-nation.html>.
- Karl-Heinrich Anders. 2007. "Level of Detail Generation of 3D Building Groups by Aggregation and Typification." Accessed 10/12/2013.
- Kris Weeks. 2012. "Creating an Existing-Conditions BIM Model for a Renovation ". Accessed 26/9/2013. <http://www.architecturevangelist.com/building-information-modeling/without-a-trace-creating-an-existing-conditions-bim-model-for-a-renovation.html>.
- Kristen Barlish, Kenneth Sullivan. 2012. "How to measure the benefits of BIM — A case study approach." Accessed 3/11/2013.
- Luís Martins. 2011. "Informática na Manutenção de Edifícios, Utilização de Sistemas de Identificação por RFID", Civil Engineering, Porto University.
- Martin Kelly. 2009. The UK Facilities Management Sector. <http://www.chasecambria.com/site/journal/article.php?id=546>.

- MediTouch. "MediTouch EHR". Accessed 20/12/2013.  
<http://www.softwareadvice.com/medical/healthfusion-meditouch-profile/>.
- MicroMainCorporation. "Space Management". Accessed 20/11/2013.  
<http://www.micromain.com/software-and-services/facility-management-software/reports/>.
- NBIMS. 2008. "About the National BIM Standard-United States". Accessed 13/9/2013.  
<http://www.nationalbimstandard.org/about.php>.
- Noain, Marcelo Eduardo. 2013. "Vantagens do BIM" accessed 26/9/2013.  
<http://arquibim.blogspot.pt/p/ventajas.html>.
- Peter Love, David Edwards. 2011. "Design error reduction: toward the effective utilization of building information modelling." Accessed 30/9/2013.
- Peter Love, Jane Mathews , Ian Simpson, Andrew Hill, Oluwole Olatunji. 2013. "A benefits realization management building information modeling framework for asset owners."10. Accessed 23/10/2013.
- Rails\_Guide. 2012. "Getting Started with Rails." Accessed 15/10/2013.  
[http://guides.rubyonrails.org/getting\\_started.html#what-is-rails-questionmark](http://guides.rubyonrails.org/getting_started.html#what-is-rails-questionmark).
- Rob Howard, Bo-Christer Björk. 2008. "Building information modelling — experts' views on standardization and industry deployment." Accessed 2/10/2013.
- Robert Eadie, Mike Browne, Henry Odeyinka, Clare Mckeown, Sean McNiff. 2013. "BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis." Accessed 24/9/2013.
- Rui Calejo. 1989. "Análise e exploração de um banco de dados sobre um parque habitacional", Civil Engineering, Porto University.
- Samir El-Omari, Osama Moselhi. 2008. "Integrating 3D Laser Scanning and Photogrammetry for Progress Measurement of Construction Work." Accessed 10/9/2013.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580508000836#>.
- Scolari, Tiago. 2011. "How to Build a Mobile Rails ". <https://dev.tscolari.me/2011/09/15/how-to-build-a-mobile-rails-3-dot-1-app/>.
- SoftwareAdvice. 2013. "What is Facility Management Software". Accessed 15/11/2013.  
<http://www.softwareadvice.com/cafm/>.
- The\_Linux\_Information\_Project. 2006. "DataBase LINFO". Accessed 4/12/2013.  
<http://www.linfo.org/database.html>.